

Wolff-Michael Roth

## „Tappen im Dunkeln“. Der Umgang mit Unsicherheiten und Unwägbarkeiten während des Forschungsprozesses\*

„Groping in the Dark“. The handling of risks and uncertainties in the process of making science

### **Zusammenfassung:**

Wissenschaftliche Forschung wird oft als streng rationaler Vorgang beschrieben, den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verfolgen, um die Wahrheit zu entdecken oder um zumindest die faktische Natur ihrer Erkenntnisse zu untermauern. Der vorliegende Aufsatz befasst sich mit Strategien, die Wissenschaftler einsetzen, wenn sie sich nicht darüber im Klaren sind, was momentan vor sich geht. Diese Strategien lassen sich mit der Metapher des „Tappens im Dunkeln“ beschreiben. „Tappen im Dunkeln“, also der Umgang mit Unsicherheiten und Unwägbarkeiten während des Forschungsprozesses, ist ein alltäglicher Bestandteil wissenschaftlicher Arbeit. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben diesbezüglich eine hohe Toleranzschwelle. Vermutlich ist dies ein Grund dafür, warum in den späteren Publikationen solche Schwierigkeiten in den Beschreibungen des methodischen Vorgehens keine Erwähnung finden. Die Metapher des „Tappens im Dunkeln“ wird auf allgemeine Lernprozesse angewendet – u.a. in den naturwissenschaftlichen Schulfächern.

**Schlagworte:** Störmomente; Ungewissheitsbedingungen; Suchaktivitäten; Basteln; rationalistische Rekonstruktion; Projektgeschichte und Hintergrundwissen

### **Abstract:**

Scientific research is frequently presented in terms of a set of rational processes, which scientists enact to arrive at truth, or at least to construct the factual nature of their knowledge. This article focuses on the processes scientists engage in when they do not know what is going on; these processes resemble „groping in the dark“. It is perhaps the everydayness of „groping in the dark“ and the particular resilience of scientists to this state that makes descriptions of the uncertainty associated with the process disappear in subsequent accounts of method (publications). „Groping in the dark“ is proposed as a metaphor for learning processes more broadly, including school science.

**Keywords:** emerging problems; conditions of uncertainty; searching activities; tinkering; rationalistic reconstruction; history of project and background knowledge

## 1. Einführung

Auf Nobelpreis-Verleihungen und in Nobelpreisreden wird oftmals ein Bild von wissenschaftlichem Heldentum, rationaler Suche nach der Wahrheit und Erfolg gezeichnet. Bei der Veröffentlichung klingen die erreichten Ziele erstaunlich, es entsteht ein Mythos, der die Wissenschaftler zu etwas Besonderem macht, zu einem speziellen Menschenschlag. Sie scheinen mit Dingen umgehen zu können, die für ganz normale Menschen „abstrakt“ und beinahe überirdisch klingen. Eine Nobelpreis-Ankündigung aus jüngerer Zeit beginnt folgendermaßen:

*„Raymond Davis Jr. konstruierte einen völlig neuen Detektor, einen riesigen Tank mit 600 Tonnen Flüssigkeit, der in einer tief unter der Erdoberfläche liegenden Grube aufgebaut wurde. In dreißig Jahren gelang es ihm, insgesamt 2000 Neutrinos von der Sonne einzufangen, und er konnte damit zeigen, dass die Sonnenenergie durch Fusion entsteht.“* (Nobel e-Museum, 8. Oktober, 2002)

Solche aposteriorischen Beschreibungen von Entdeckungen stellen den wissenschaftlichen Weg zur Erkenntnis als rationalen Prozess dar. Unter dem Vorwand, ihre Schüler inspirieren und anregen zu wollen, erzählen Lehrer der naturwissenschaftlichen Fächer solche Heldengeschichten, und die Schüler können sie in Lehrbüchern nachlesen. Lehrer und Lehrbücher tragen als stabile und strukturierende Elemente der Lernumgebung zur Produktion und Reproduktion einer Schülergeneration bei, die Wissenschaft von der Alltagswelt unterscheidet und der Wissenschaft einen höheren Wert beimisst. Die weit verbreitete Verehrung für den als Genie angesehenen Physiker Albert Einstein ist nur ein Beispiel hierfür. Solche heroischen Vorstellungen von übermenschlichen Wissenschaftlern stehen im Gegensatz zu dem hier beschriebenen schlichten Arbeitsalltag in einem wissenschaftlichen Labor, der sich zeigt, wenn ein mit dem Forschungsgegenstand einigermaßen vertrauter Ethnograph einige Wochen, Monate oder sogar Jahre vor Ort zubringt. Einige Wissenschaftler gestehen ein, dass sie nicht rationaler oder vernünftiger als jeder andere Mensch und damit keine „epistemologischen Helden“ sind. Solch ein herausgehobener epistemologischer Status wird im Nachhinein durch bereinigte Darstellungen konstruiert, die mehr vom tatsächlichen Vorgehen verschleiern als sie offen legen (Suzuki 1989). Ethnographen beschreiben, wie Wissenschaftler mit den Unsicherheiten umgehen, die zwangsläufig aufkommen, wenn man im Dunklen sitzt und nicht weiß, was vor sich geht. Zu verstehen, wie Menschen die Kompetenz erlangen, wissenschaftliche Forschung und auch ihr Alltagsleben als derart selbstverständlich erscheinen zu lassen, ist eines meiner Ziele als Wissenschaftsethnograph. Die im Folgenden beschriebene Szene versetzt uns in ein Labor, in dem ich über drei Jahre lang Forschung betrieben habe.

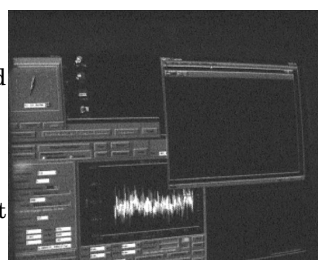
### 1.1 Im Dunkeln

Zu Beginn dieser Szene sind wir zu dritt im Labor: Karl, ein Professor für Biologie, sein wissenschaftlicher Mitarbeiter Deon und ich. Der Raum ist komplett verdunkelt, um die Retinapräparate zu schützen, mit denen die Wissenschaftler arbeiten. Weil Karl aufgehhalten wurde, haben wir erst mit einer Stunde Verspätung anfangen können. Dann mussten wir 45 Minuten im Dunkeln sitzen, bis

sich unsere Augen an die Dunkelheit gewöhnt hatten und wir mühsam vage Umriss der Instrumente und Computerbildschirme erkennen konnten. Karl hat einen Fisch getötet, die Retina herausgeschnitten und ein Stück davon auf einen Objektträger gesetzt, den er unter das Mikroskop gespannt hat. In diesem Moment öffnet er deutlich hörbar den Shutter und kündigt an: „We should see a rod in there right now“ (dt.: „Wir müssten jetzt ein Stäbchen erkennen können“). Aber das Fenster auf dem Bildschirm, in dem das Bild der CCD Kamera angezeigt werden soll, bleibt dunkel.<sup>1</sup>

### Transkript 1:<sup>2</sup>

- 01 K: We should see a rod in there right now.  
 02 (1.70)  
 03 M: There was eh something, eh, it was bright and  
 then eh when you got back up, eh.  
 04 (1.70)  
 05 D: Yeah.  
 06 (0.38)  
 07 K: Now there is (some?) thing different (0.35) about  
 the field today.  
 08 D: No, I just think the auto gain is something we  
 don't want—  
 09 (2.00)  
 10 K: Yeah.  
 11 D: Because we don't have enough light to, to work  
 properly.



Ich (M) weise darauf hin, dass ich genau in dem Moment, in dem der Shutter geöffnet wurde, etwas Helles bemerkt habe (Z. 03), das sich stark von dem dunklen Bildschirm abgehoben hat, den Deon und ich jetzt betrachten und dem Karl sich gerade zuwendet.

Karl bemerkt lediglich, dass etwas an dem Feld anders sei. Deon erwähnt die unerwünschte automatische Verstärkung (Z. 08) und die für die Arbeit unzureichende Helligkeit (Z. 11). Nach diesem Wortwechsel nimmt Karl mehrfach auf den vorangegangenen Tag Bezug, an dem der Apparat tadellos funktioniert und ein perfektes Bild gezeigt hat. Er findet, dass es da besser funktioniert habe und fragt, was „es gestern war“ (die Einstellungen). An einer anderen Stelle frage ich die anderen, ob sie wie ich ein kurzes Aufflackern gesehen hätten, oder ob sie den richtigen Eingang für die Software benutzt hätten. Karl verweist auf die unterschiedliche Auflösungsqualität an den beiden Tagen. Ab und zu gibt Karl Anweisungen, während Deon verschiedene Menüs auf dem Bildschirm absucht. Wir betrachten die verschiedenen sich öffnenden Fenster und nehmen gelegentlich Änderungen vor. Manchmal kehren wir zu einem der Fenster zurück, so als hätten wir es nicht bereits betrachtet oder als würden wir unseren vorherigen Beobachtungen nicht trauen. Langsam ist Karl frustriert, aber wir machen trotzdem weiter.

Über einen Zeitraum von 15 Minuten tappen wir im buchstäblichen und übertragenen Sinne im Dunkeln, versuchen herauszufinden, was los ist und verändern Parameter, die bei der Suche durch die verschiedenen Menüs auftauchen. Diese Veränderungen sind nicht geplant und können es auch nicht sein, weil wir nicht wissen, warum der Monitor schwarz bleibt. Keine der vielen Ak-

tionen und Veränderungen in der Einstellung der Parameter ändert etwas an der Situation. Und dann erscheint ganz plötzlich das gesuchte Bild.

Obwohl die Forscher in ihrem Forschungsgebiet zur Weltspitze zählen, haben sie für einen unbeteiligten Beobachter während dieses Zeitraums von 15 Minuten keine Ähnlichkeit mit den heroischen Wissenschaftlern, wie sie in der Literatur ab und an beschrieben werden.

Die Gruppe befindet sich zu diesem Zeitpunkt im wörtlichen und übertragenen Sinne im Dunkeln und durchforstet die Software nach Anhaltspunkten. Das Absuchen der verschiedenen Menüs und das Verändern von Parametern ähneln dem Erkunden eines verdunkelten unbekannten Raums. Indem man sich im Raum umherbewegt, an Gegenständen anstößt und sie betastet, gewinnt man einen Eindruck von seiner Beschaffenheit. Im eigentlichen Sinne existiert dieser Raum, bevor er tastend und suchend erkundet worden ist, für den Anwesenden nicht. Er ist vielmehr das sich kontinuierlich entwickelnde Endresultat aller bis dahin stattgefundenen Aktivitäten.

Die hier berichtete Szene mag unwesentlich erscheinen – ein Moment, den man getrost aus den Geschichten über wissenschaftliches Forschen ausradieren kann. Meine Untersuchungen zeigen aber, dass gerade solche „dunklen Momente“ den Wissenschaftlern ihr profundes Wissen über ihr Forschungsobjekt, ihre Apparaturen und jede in diesem Prozess entstandene wissenschaftliche Erkenntnis vermitteln.

## 1.2 Das Motiv

Meine ethnographische Forschung im wissenschaftlichen Milieu hat vor 10 Jahren ihren Anfang genommen – ursprünglich weil ich eine Vorstellung davon bekommen wollte, was es heißt, einen Graphen oder andere mathematische Darstellungen „authentisch“ zu interpretieren und zu nutzen. Aus diesen Untersuchungen habe ich Ansätze für die Gestaltung von schulischen Lernumgebungen gewonnen, in denen Schüler Praktiken einüben sollen, die eine gewisse Ähnlichkeit mit denen der Wissenschaftler aufweisen. Es zeigte sich, dass die Wissenschaftler bei der Interpretation unbekannter Graphen weit weniger als erwartet ihr Expertentum unter Beweis stellen konnten – und das, obwohl die verwendeten Graphen einführenden Lehrbüchern und Anfängerkursen ihrer eigenen Disziplin entnommen waren (Roth 2003). Gleichzeitig waren die Wissenschaftler jedoch im höchsten Maße kompetent, wenn es um Graphen ging, die sie selber entwickelt hatten oder die aus einem verwandten Forschungsfeld stammten, weil sie mit dem Forschungsgegenstand, den Instrumentarien und Datenerhebungsmethoden bestens vertraut waren. An diesem Punkt beschloss ich, selbst herauszufinden, wie Wissenschaftler im Verlauf der Auseinandersetzung mit dem Forschungsgegenstand ihre Kompetenzen im Umgang mit den von ihnen verwendeten darstellenden Praktiken erwerben.

In dem vorliegenden Aufsatz sollen wissenschaftliche Praktiken dokumentiert und analysiert werden, die in den alltäglichen Momenten der Unsicherheit zum Einsatz kommen. Ich verwende die Metapher des „Tappens im Dunkeln“ für erkenntnisgenerierende Aktivitäten in der Wissenschaft, aber auch für Lernsituationen im Schulunterricht, in denen Schüler etwas anwenden sollen, über das sie keine Kenntnisse haben. Das Problem besteht hier darin, dass man

nicht einen spezifischen Weg zur Erkenntnis beschreiten kann, weil man immer erst weiß, was diese Erkenntnis ist, wenn man sie tatsächlich erlangt hat.

## 2. Der Hintergrund

Das beliebteste Bild von Wissenschaft ist das einer rationalen Aktivität wie sie in den Methodenteilen wissenschaftlicher Artikel beschrieben wird. Solche „a posteriori“-Darstellungen beschreiben die einzelnen Handlungsschritte und die tatsächlichen Ergebnisse, nicht aber die ursprünglichen Ziele und Intentionen. Folglich steht am Anfang eines Wissenschaftslehrbuchs zumeist ein Kapitel über „Wissenschaftliche Methodik“, in dem normalerweise eine feste Abfolge von Handlungsschritten dargestellt wird (Fragestellung, Hypothesenbildung, experimentelles Design etc.). Dieses Bild von Wissenschaft hat wenig gemein mit dem Vorgehen im wissenschaftlichen Forschungsalltag. Eine Reihe von Beobachtungsstudien über „Science-in-the-Making“ brachten den bedingten Charakter von Entscheidungsvorgängen, der Auswahl von (bewältigbaren) Forschungsproblemen, der Konstruktion von Experimenten, der Drittmittelpolitik sowie der Entstehung von Forschungsparadigmen ans Licht (Knorr-Cetina 1981). Da diese Forschung sich insbesondere mit sozialen Beziehungen zwischen Wissenschaftlern, ihren Peers und dem Rest der Gesellschaft befasste, wurden Wissenschaft und wissenschaftliche Erkenntnis als „sozial konstruiert“ beschrieben. Allerdings ist diese Vorstellung problematisch, in dem Sinne, dass Lehrer in den naturwissenschaftlichen Fächern unter dem Begriff „konstruiert“ nicht bloß „zusammengesetzt“ verstehen, sondern eben „zusammengesetzt unter voller intentionaler Kontrolle der Wissenschaftler“.

Neuere auf dialektischen Handlungstheorien beruhende „Moment-für-Moment“-Analysen betonen die emergenten Charakteristika von Handlungskompetenzen („Skills“), Wissen und Welt (Gooding 1990). Am Anfang ihrer Forschungen kennen die Wissenschaftler oftmals die Phänomene, die sie am Ende entdecken werden, noch nicht und haben nicht die Fähigkeit sie hervorzubringen – geschweige denn, sie zu beschreiben oder Theorien darüber zu bilden. Indem die Wissenschaftler an den konkreten Aufgaben und Problemen herumbasteln, vermischen sich Handlungskompetenzen, konzeptuelles Verständnis und Welt als Ergebnis der „Praxis der Vermengung“ oder „Vermangelung“ („mangle of practice“; Pickering 1995).

Diese drei Komponenten bilden eine dialektische Einheit, die mit jeder praktischen Handlung produziert (verändert) und reproduziert wird. Die erwähnten früheren Studien haben dieses Phänomen anschaulicher beschrieben, allerdings beruhen sie auf historischen Dokumenten, z.B. Faradays Notizbüchern. Sie gewähren keinen Einblick, wie wissenschaftliche Entdeckungen sich in Echtzeit entwickeln. Zusätzlich erschwert wurden solche Forschungen dadurch, dass nur wenige analysierbare Berichte über wissenschaftliches Arbeiten in Echtzeit vorliegen. Liegen solche Berichte vor, ergeben sich interessante Darstellungen davon, wie die Analysierbarkeit eines Phänomens in der alltäglichen Arbeit hergestellt wird (Garfinkel/Lynch/Livingston 1981). In diesem Artikel beschreibe ich Laborarbeit in Echtzeit – zu einem Zeitpunkt, an dem die Wissenschaftler sich (im übertragenen Sinne) im Dunkeln befinden.

### 3. Methode

Im weiteren Sinne befasste ich mich in meiner Forschung damit, Lernprozesse und Wissenserwerb in den Naturwissenschaften und in der Mathematik zu verstehen – angefangen von der Schule bis hin zur beruflichen Praxis. Ich verwende hierzu keine spezifische Methodik. Stattdessen setzte ich jede mir verfügbare Methode ein, um (die häufigsten) Aktivitäten und die daraus entstehenden Artefakte zu begreifen; nicht zuletzt sind das dieselben Ethno-Methoden, die die Akteure selbst in allen möglichen Situationen einsetzen, um zu begreifen, was vor sich geht (Garfinkel 1967).

#### 3.1 Kontext

Die hier vorgestellte Untersuchung ist Teil einer größeren Studie über die Generierung und den Austausch von lokalem („eingeborenem“) und wissenschaftlichem Wissen. Die Schauplätze umfassen ein Labor, in dem das visuelle System von Lachsen untersucht wird, sowie eine Lachszucht, in der Fische unter anderem auch für das Labor gezüchtet werden. Zu der Zeit, als die hier berichteten Ereignisse stattfanden, arbeitete ein Team aus drei Biologen an der Erhebung von Daten, die zusammen mit der Vorstellung eines neuen Instruments veröffentlicht werden sollten. Dieses Instrument, das die Lichtabsorption in verschiedenen retinalen Zellen misst, sammelt Daten für das gesamte Lichtspektrum in ein paar Sekunden, während die bisher verfügbaren Instrumente dafür 90 Minuten brauchen.

Die hier beschriebene Studie untersuchte die Lichtabsorption in vier Typen von Zapfen, die ihre Absorptionsmaxima jeweils in verschiedenen Bereichen des Spektrums haben. Wenn die Retina aus dem Auge entnommen ist, regeneriert sie sich nicht. Das heißt, wenn Licht auf eine Zelle fällt, kommt es zu chemischen Veränderungen, und kein weiteres Licht derselben Wellenlänge kann absorbiert werden – die Zelle ist „gebleicht“. Von daher müssen die Untersuchungen in absoluter Dunkelheit stattfinden. Nur Licht nahe dem infraroten Bereich mit sehr geringer Intensität war im Labor zulässig. Die Computerbildschirme wurden mit einer roten Folie abgedeckt, die das meiste Licht des sichtbaren Spektrums mit Ausnahme eines Teils nahe dem infraroten Bereich absorbiert.

#### 3.2 Teilnehmer

Zur Arbeitsgruppe des Labors gehörte zunächst einmal Karl, ein ordentlicher Professor für Biologie, der die letzten zwanzig Jahre seit seiner Dissertation über verschiedene Aspekte des visuellen Systems von Fischen gearbeitet hatte. Mit drei bis vier Publikationen pro Jahr und fast einer Million Dollar Drittmitteln zum Zeitpunkt meiner Untersuchung ist er ein sehr erfolgreicher und international anerkannter Vertreter seines Feldes. Er arbeitete eng zusammen mit seinem wissenschaftlichen Mitarbeiter Deon, der einen Großteil der Software im Labor entwickelt hatte. Der dritte Biologe in dem Projekt war ein Habilitand (postdoctoral fellow), der einen Großteil der Feldarbeit übernahm (z.B. Verhandlungen mit Zuchtbetrieben und Agenturen), aber an der Laborarbeit

nicht beteiligt war. In den folgenden Monaten wurde das Team für diesen Teil der Laborarbeit ergänzt durch einen Doktoranden und einen weiteren wissenschaftlichen Mitarbeiter.

Zu dieser Zeit machte ich ein Praktikum im Labor, weil ich zusammen mit Karl an einem nationalen interdisziplinären Projekt beteiligt war, in dem es darum ging, Probleme von Küstengemeinden zu untersuchen, die unter einer ökonomischen Flaute der einzigen Industrie im Ort litten, in der ein Großteil der Einwohner beschäftigt war: der Fischzuchtindustrie. Dieses Praktikum war ein Beitrag zu unserem gemeinsamen Projekt, aber vor allem ein wichtiger Aspekt meiner ethnographischen Feldforschung, die auf der Idee „Praktikum als Methode“ (Coy 1989) basiert. Während meiner Zeit im Labor lernte ich alles Nötige, um die Analysen durchführen zu können, angefangen vom Töten der Fische bis hin zur Erstellung der Absorptionsspektren. Vieles in diesem Praktikum wurde dadurch vereinfacht, dass mir als Physiker und Statistiker Methoden für die Sammlung von Absorptionsspektren, der gleichzeitigen Erfassung des gesamten Lichtspektrums sowie mathematische Methoden der Datenanalyse (polynomiale Kurvenanpassung, schnelle Fourier Transformation [Fast Fourier Transform, FFT]) bereits vertraut waren.

### 3.3 Datenquellen

Im Laufe der letzten drei Jahre habe ich durchgängig im Labor geforscht, Datensammlung und Meetings gefilmt und Interviews geführt. Wegen der Verdunkelung im Labor benutzte ich die Nachtsicht-Funktion der Digitalkamera, um die Ereignisse festzuhalten. Auch Artefakte wie Forschungsberichte, Artikel in verschiedenen Stadien ihrer Entstehung, Originaldaten und Graphen wurden gesammelt. Alle Videoaufnahmen wurden fortlaufend transkribiert, Interviews wurden aufgezeichnet und transkribiert.

### 3.4 Datenbearbeitung

Die Videos wurden mit Hilfe der Macintosh iMovie Software digitalisiert, die es erlaubt, ein Video in verschiedenen Geschwindigkeiten abzuspielen und einzelne Bilder zu exportieren. Um den Ton zu verarbeiten, wurden Filmdateien erstellt, die in das Programm Peak™ 3.0 importiert wurden.

Mit dieser Software können auditorische und visuelle Informationen – basierend auf einer visuellen Anzeige der Lautstärke – zeitlich synchronisiert dargestellt werden. In den ersten Tagen nach der Aufzeichnung wurden die Aufnahmen grob transkribiert, um die Dialoge so weit wie möglich festzuhalten. Die im Labor permanent laufenden Ventilatoren und die Klimaanlage erzeugten ein nicht zu eliminierendes Hintergrundrauschen, das es manchmal schwierig machte, die Sprecher zu verstehen, obwohl das Mikrophon keine 50 cm von ihnen entfernt aufgestellt war. Gleichzeitig wurden Bilder in das Transkript eingebunden, um in der Analyse auch die visuelle Darstellung der jeweiligen Situation berücksichtigen zu können.

„Interessante“ Abschnitte wie die hier verwendeten wurden detaillierter transkribiert, Pausen und überlappende Redebeiträge wurden zeitlich bestimmt

und zusätzliche Standbilder eingefügt. Wiederholte Messungen derselben Ereignisse zeigten, dass die Genauigkeit der Zeitmessung in Abhängigkeit von dem Verhältnis von Signal und Rauschen leicht variierte. Durchschnittlich sind die Messungenauigkeiten nicht größer als 2 Millisekunden. In diesem Artikel werden Pausen ab einer Dauer von 10 Millisekunden angegeben.

### 3.5 Datenanalyse

Während der ersten Transkription wurden vorläufige Notizen, Kommentare und Interpretationen festgehalten und in Abhängigkeit von der Länge des Texts entweder direkt im Transkript als versteckter Kommentar oder in einer separaten Feldnotiz angemerkt. Weitere analytische Kommentare und Texte wurden während der Erstellung eines zweiten Transkripts erstellt. In nachfolgenden Durchgängen wurden die Analysen, analytischen Kommentare und Notizen geordnet, um umfassende Darstellungen der jeweiligen Phänomene zu bekommen. Besonders aufschlussreich sind dabei solche Momente, in denen die Beteiligten nicht wissen, was momentan vor sich geht, wenn sie also im Dunkeln tappen. Genau dann zeigen sie die Ethnomethoden, die ihnen ihre kompetente, zielsichere und oft unbemerkt vonstatten gehende Bewältigung von Alltagssituationen ermöglichen. Solche Situationen, in denen gewohnheitsmäßige Umgangsweisen oder Werkzeuge und Instrumente nicht funktionieren, sind natürliche Störungsmomente, in denen wir „nicht das hinsehende Feststellen von Eigenschaften, sondern die Umsicht des gebrauchenden Umgangs“ entdecken (Heidegger 1977, S. 73).

Die vorliegende Analyse basiert auf der Annahme, dass das Ziehen von Schlussfolgerungen in Form sozial strukturierter und verkörperter Aktivität beobachtbar ist, weil die Beteiligten in beliebigen Situationen sich gegenseitig ihr Verständnis der Umstände signalisieren, bei Unsicherheiten Fragen stellen und sich gegenseitig korrigieren, wenn der Eindruck entsteht, dass Inhalte missverstanden oder überhört werden oder Teilnehmer sich verhöhren (Suchman 1990). Ich bin mit meinen Analysen nicht auf der Suche nach der absoluten und richtigen Bedeutung der intentionalen Handlungen einer Person, sondern nach der interpretativen Aktivität der Empfänger, die ihr Verhalten und ihre Reaktionen entsprechend ausrichten. Das heißt, die Videos werden als natürlich vorkommende Protokolle von Problemlöse- und Sinnfindungsprozessen betrachtet.

## 4. „Licht in etwas bringen“ und „Etwas ans Licht bringen“

„Was dieses Seiende wesenhaft lichtet, das heißt es für es selbst sowohl „offen“ als auch „hell“ macht, wurde vor aller „zeitlichen“ Interpretation als Sorge bestimmt.“ (Heidegger 1977, S. 350)

Alltägliche Aktivität dreht sich um alltägliche Belange. Diese wiederum sind mit bestimmten Sichtweisen auf die Welt und bestimmten Praktiken verbunden. Zumeist ist das recht unspektakulär, denn das, was sich an alltäglichen



Aktivitäten in einem Zeitraum von 15 Minuten ereignet (z.B. Zähne putzen oder Kaffee trinken) erscheint recht schlicht – zu schlicht, um davon zu berichten. Die hier dargestellten Ereignisse ließen sich folgendermaßen zusammenfassen: „Wissenschaftler setzen einen software-betriebenen Monitor für eine CCD Kamera in Funktion“. Im Nachhinein könnten die Wissenschaftler das folgendermaßen beschreiben: „Wir mussten bloß diesen einen Wert verändern“ und eventuell hinzufügen: „Aber es hat eine Weile gedauert, bis wir die richtige Schalttafel gefunden hatten.“ Obwohl solche Ereignisse Arbeitsalltag in einem Labor sind, finden sie normalerweise keinen Eingang in die veröffentlichten Forschungsberichte. Die folgende Beschreibung entstammt dem am Ende publizierten Artikel:

„Eine zweite CCD Kamera (Canadian Photonics Laboratory) war auf dem Trinokular platziert (in Abb. 1 nicht erkenntlich). Diese Kamera diente dazu, das Feld des Mikroskops aufzunehmen, das auf dem Computerbildschirm angezeigt wurde. Mit der Kamera wurden IR Bilder des Präparats aufgenommen.“ (veröffentlichter Artikel, S. 2432-3)

Diese Beschreibung stellt den Gebrauch der CCD Kamera als unproblematisch dar. Aber die eingangs beschriebene Szene macht deutlich, dass es mit beträchtlicher Arbeit verbunden war, die zweite Kamera in Funktion zu setzen. Es begann mit einer *Störung* („Unzuhandenheit“): Die Wissenschaftler wussten nicht, was seit dem vorherigen Tag, an dem alles einwandfrei funktioniert hatte, vorgefallen war. Mit Hilfe ihres praktischen Handelns brachten die Wissenschaftler – immer begleitet von der Hoffnung auf eine Lösung – langsam *Licht* in die Angelegenheit, manchmal stand ein kleines Aufflackern am Anfang, manchmal ein regelrechter Geistesblitz. Bei der Aufklärung gab es aber auch immer einen gehörigen Anteil „Tappen im Dunkeln“. Mit dem *Herum- und Herantasten* entstand eine *erste Klärung* („*Lichtung*“), und Objekte begannen aufzuscheinen. Schließlich zeichnete sich die Art des Problems deutlich ab, es wurde *aufgeklärt* und schließlich beseitigt.

Meine Darstellung der Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit des Monitors orientiert sich an diesen fünf Themen.

## 4.1 Störung, „Unzuhandenheit“, Dunkel

„Je dringlicher das Fehlende gebraucht wird, je eigentlicher es in seiner Unzuhandenheit begegnet, um so aufdringlicher wird das Zuhandene, so zwar, dass es den Charakter der Zuhandenheit zu verlieren scheint.“ (Heidegger 1977, S. 73)

In der Eingangsszene sind wir einer Gruppe von Wissenschaftlern begegnet, die versuchten, ihre tägliche Arbeit zu beginnen: die Sammlung von Daten für einen geplanten Artikel. Am Tag zuvor hatten sie eine neue Beobachtungsmethode für das Präparat eingeführt, eine CCD Kamera, die die Suche nach Zellen vereinfachte. Die Szene begann mit der Anpassung des neuen Geräts an das bereits installierte. Die Wissenschaftler wussten, dass das Okular funktionierte, denn das Mikroskop war auf die Zelle eingestellt. Mit diesem Wissen wurde die zweite, neue CCD Kamera eingerichtet. Um das Gerät funktionsfähig zu machen, wurden die Zelle, ein natürliches Objekt, und ein funktionierendes Instrument als Hilfsmittel verwendet. Die fehlende Funktionsfähigkeit, die Unzuhandenheit des CCD Bildes, waren Antrieb und Ursache für die folgenden Er-

eignisse. Dieselbe Unzuhandenheit brachte die Vorhandenheit des Instruments und die darauf folgende Suche nach den Ursachen für die Störung zu Tage. Was sich im Folgenden – als das Instrument wieder funktionierte – in der schlichten Alltäglichkeit der Aussage „Mit der Kamera wurden IR Bilder des Präparats aufgenommen“ ausdrückte, nämlich die Zuhandenheit des CCD Bildes, sollte zunächst noch eine Menge Arbeit erfordern, bis das Instrument den Charakter der Vorhandenheit bekommen sollte.

Als Karl sich vom Okular dem Monitor zuwandte, kündigte er an, was wir zu sehen bekommen sollten. Er machte die übrigen Anwesenden darauf aufmerksam, dass er einen Zapfen im Okular ausgerichtet hatte. Da wir (Deon und ich) keinen Zugang zum Okular hatten, markierte Karls Äußerung einen Zeitpunkt, an dem sich etwas hätte verändern sollen, auf das wir unsere Aufmerksamkeit gerichtet hatten. Mein Kommentar bezieht sich auf dieses Ereignis, ein helles Flackern auf dem Monitor in dem Moment, als der Shutter geöffnet wurde (Transkript 1, Z. 03). Die Beschreibung „there was something“ („da war etwas“), stand im deutlichen Gegensatz zu dem jetzt schwarzen Bildschirm. Solche Aussagen sollten die Aufmerksamkeit aller Teilnehmer auf die Ereignisse lenken. In anderen Worten: Diese Aussagen sollten intersubjektivität während einer gemeinsamen Aktivität sicherstellen.

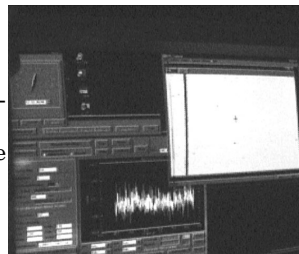
Karl bemerkte, dass auf dem Bildschirm nichts zu sehen war, aber auch, dass sich irgendetwas am Feld verändert hatte (Transkript 1, Z. 07). Der Begriff „Feld“ ist potentiell mehrdeutig: Normalerweise bezeichnet er den auf dem Objektträger unter dem Mikroskop sichtbaren Bereich. Manchmal bedeutete „Feld“ jedoch auch einen schlecht aufgesetzten Objektträger oder einen Objektträger mit „schlecht gewordenen“ Photorezeptoren. Es ist anzunehmen, dass die Rezipienten (Deon und ich) Karls Äußerung als Kommentar über das auf dem Bildschirm geöffnete Fenster verstanden haben, weil es derzeitiger Fokus der Aufmerksamkeit war.

Diese Aussage entsprach einer später aufgeworfenen Frage, ob das Rauschen von der Software oder bereits in der Lampe verursacht wurde, die den Objektträger beleuchtete. Zusätzlich zu dem neuen Monitor hatten die Forscher auch eine neue lichtabsorbierende Folie hinzugefügt, die ein blasses, dunkelrotes Bild erzeugte.

Es schien, dass die automatische Anpassung das Bild derart verdunkelte, dass das vom Computerschirm ausgesandte Bild nicht mehr hell genug war, um durch die vielen Schichten des Bildschirms zu dringen. Karls Kommentar „But yesterday it was so bright“ (dt.: „Aber gestern war es so hell“) sprach für die Idee, dass es sich um ein Problem mit der automatischen Verstärkung der Helligkeit und der Absorption handelte. Hier zeigt sich, dass die anfängliche Suche vom Versuch gefärbt (und vielleicht verdunkelt) war, Kontrolle über die automatische Verstärkung zu erlangen. Dieses Bestreben war derart vorherrschend, dass Deon selbst zwei Jahre später noch glaubte, das Problem sei von der automatischen Anpassung verursacht worden – obwohl die Videoaufnahme der Ereignisse etwas anderes zeigt.



- 20 (9.12)  
 21 M: Can't you turn it off, this auto gain?  
 22 (0.90)\*  
 23 ((The image becomes bright, one can hear a shutter of the microscope open or close.))  
 24 D: That's what I have to find out, how, because if the  
 eh–  
 25 (1.87)  
 26 if the, um–  
 27 (0.64)  
 28 the [camera might be doing it already and then  
 you  
 29 [(clacking noise from shutter)]  
 30 have to find a way to set that.



Am Beginn dieser Szene wurde der Bildschirm für einen kurzen Moment hell (Z. 01). Nach einer Pause fragte ich die anderen, ob sie die Veränderung bemerkt hätten (Z. 03). Diese Frage diente der Vergewisserung, ob die anderen die Ereignisse und besonders die Veränderungen in derselben Weise verfolgt hatten wie der Sprecher. Ihre Funktion bestand demzufolge darin, die Teilnehmer in Übereinstimmung zu bringen oder sicher zu stellen, dass Übereinstimmung existierte. Mit Hilfe des Mausursors öffnete Deon verschiedene Menüs. Er bewegte den Cursor durch die Menüs nach unten, wobei die einzelnen Schaltflächen jeweils hervorgehoben wurden. Während Karl darauf hinwies, dass es einen Unterschied zum vorigen Tag gebe, stellte ich eine konkrete Frage, ob man die automatische Anpassung nicht abstellen könne (Z. 21). Deon erklärte daraufhin den Sinn seiner Suche durch die verschiedenen Menüs: „finding a way to set that [auto gain]“ (dt.: „einen Weg finden, die automatische Verstärkung einzustellen“), denn zu diesem Zeitpunkt war nicht klar, ob die Software oder die Kamera für den schwarzen Bildschirm verantwortlich war (Z. 24-30).

Deon antwortete ohne Verzögerung auf meine Frage (Z. 04). Das ist ein Zeichen dafür, dass er diese Veränderung (oder ähnliche Veränderungen) auf dem Bildschirm verfolgte. Seine Erklärung bezog sich auf die automatische Anpassung der Bildhelligkeit, die den gesamten Suchvorgang prägte. Karl wies lediglich auf die Unterschiede zum Bild des vorherigen Tages hin, während meine Frage noch einmal die automatische Anpassung thematisierte, nämlich, ob man diese Funktion abschalten könne (Z. 21).

Als sich die Helligkeit das zweite Mal änderte, wurden keine Kommentare gemacht. Der Grund könnte im vorherigen Verlauf der Unterhaltung liegen. Dem klackenden Geräusch zufolge arbeitete Karl zu diesem Zeitpunkt am Mikroskop und konnte daher die Ereignisse auf dem Monitor nicht mitverfolgen. Deon und ich diskutierten über die automatische Verstärkung, die das neuerliche Flackern verursacht haben könnte. Andererseits hätte das Flackern auch eine Folge des Öffnens oder Schließens des Shutters sein können.

Angenommen, dass wir Karls Handlungen in dieser Weise registriert hatten, kann man davon ausgehen, dass keine Notwendigkeit bestanden hatte, die anderen – hier: Karl – auf die Veränderungen auf dem Bildschirm aufmerksam zu machen oder zu klären, ob die anderen die Veränderungen bemerkt hätten. Ein derartiger Kommentar hätte nur das ohnehin für alle Offensichtliche benannt. Das Offensichtliche zu formulieren, wäre eine Verletzung der in dieser Situation

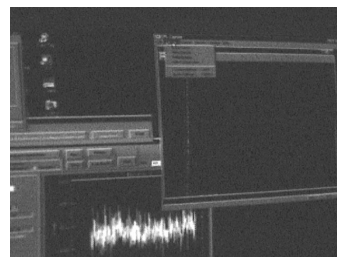
geltenden Alltagsregel gewesen, nur dann etwas auszusprechen, wenn man nicht ohne Verbalisierung auskommt.

### 4.3 Herum- und Herantasten

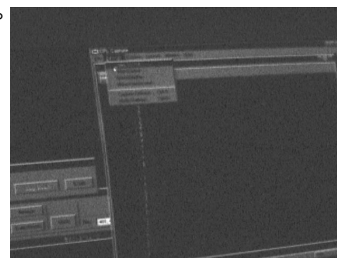
Der Vorgang des „Tappens im Dunkeln“ ist in der vorherigen Szene bereits ersichtlich geworden, in der folgenden tritt er aber noch weit deutlicher zu Tage. Zu Beginn dieser Szene schlug Karl trotz seiner mangelnden Kenntnisse über die Software vor, das Menü „File“ (dt.: „Datei“) zu öffnen und darin eine bestimmte Funktion („Settings“, dt.: „Einstellungen“) anzuwählen (Z. 01-03). Deon tat genau das, oder besser gesagt, aufgrund des prekären Charakters von Instruktionen und Handlungen könnte man sagen, Deon habe Karls Instruktionen befolgt (Amerine/Bilmes 1990). Trotz der langen Pausen (verbale Handlungen) war Deon z.B. damit beschäftigt, den Mauszeiger über den Bildschirm zu bewegen. Deon lenkte mit Hilfe des Mauszeigers die Aufmerksamkeit der anderen Anwesenden, da sie das Geschehen auf dem Bildschirm verfolgten.

#### Transkript 3

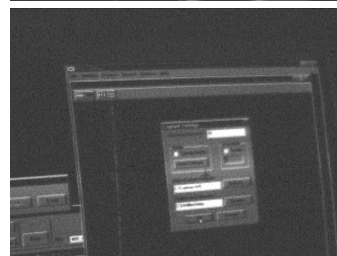
01 K: \* Okay, go to file.  
 02 (7.22)  
 03 K: Settings!  
 04 (4.20)  
 05 M: What would th[e]?–



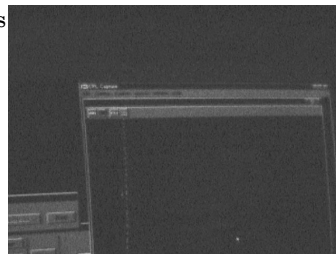
06 K: [CAPture \* settings! °turn around yeah°



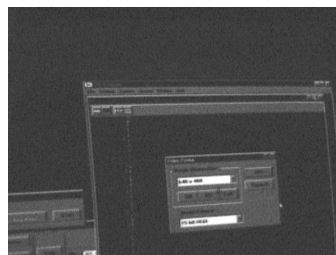
07 capture \* settings.  
 08 D: °(Get?) ready for the auto gain°  
 09 (0.70)  
 11 K: Yeah.  
 12 (0.88)  
 13 Okay, now, that–



14 (0.43) \* that's not it (0.34) go back to settings  
again.  
15 (2.21)  
16 How 'b't video (0.43) um: (0.37) format?



17 \* (3.06)  
18 Hmm.  
19 (0.83)  
20 Fold?  
21 D: Nä:  
22 (2.02)  
23 K: What's a six-forty, eighty-eighty um::?  
24 D: =That's the size of the screen here.



25 (4.70)  
26 I think we just had a brighter screen yesterday, that's why we saw more.

Deon öffnete mit dem Mauszeiger das Menü „Datei“ (Z. 02), bewegte ihn langsam nach unten, wobei die einzelnen Funktionen hervorgehoben wurden. Für den in einer Konversation relativ langen Zeitraum von 7.22 Sekunden sagte niemand etwas. Dann folgte eine Anweisung von Karl: „Settings!“. Damit forderte Karl Deon auf, das nächste Menü mit dem Titel „Settings“ anzuwählen. Als Deon begann, den Mauszeiger durch das Menü zu bewegen, gab Karl die Anweisung „CAPture Settings!“ (Z. 06) – genau in dem Moment, als ich begonnen hatte, eine Frage zu stellen (Z. 05). Karl murmelte, „turn around“, yeah“, so als wollte er die gerade ausgeführte Handlung beschreiben.

Auch Deon flüsterte einen Kommentar über die automatische Anpassung, während er den Cursor über verschiedene Felder und Regler bewegte. Nach einiger Zeit und verschiedenen „False Starts“ entschied Karl, dass wir an der falschen Stelle suchten, und forderte Deon auf, zurück zum Menü „Settings“ zu gehen (Z. 14). Der Cursor bewegte sich über verschiedene Funktionen, und während Karl noch redete, erreichte er die Funktion „Video Format“. Karl las den Begriff laut vor. Als sich ein weiteres Fenster geöffnet hatte (Z. 16-18), bewegte Deon den Cursor über verschiedene Schaltflächen und Felder, in die Werte eingegeben werden konnten. Karl schlug eine Funktion vor: „Fold?“, aber Deon nahm die Anregung nicht auf (Z. 21). Nach einer Pause fragte Karl nach einem der angezeigten Items: „640 x 480“ (Z. 23). Deon erklärte, dass es sich dabei um die Größe des Bildschirms handele, d.h. die Größe des Fensters, in dem das CCD Bild angezeigt werden sollte. Nach einer längeren Pause nahm Deon Bezug auf den helleren Bildschirm des vorherigen Tages.

Er bewegte den Cursor über die verschiedene Felder und Schaltflächen; die anderen beiden Teilnehmer waren gleichermaßen auf die Situation konzentriert. Die Bewegungen des Cursors stellen die Ausrichtung der Aufmerksamkeit der Beteiligten bildlich dar. Karls Äußerung „that's not it“ (Z. 14) war ein Ausdruck dafür, dass ihnen in der visuellen Exploration der verschiedenen Funktionen nichts aufgefallen war, das man zur Lösung des Problems hätte einsetzen können. In die-

sem Fall wäre ein entsprechender Kommentar zu erwarten gewesen, denn sonst wäre es zu einem Widerspruch zwischen Karls Aussage und der Wahrnehmung der anderen gekommen. Zu diesem Zeitpunkt schloss Deon das Fenster, und Karl gab Anweisung, das nächste Fenster anzuwählen. Damit bekundete Karl indirekt seine Zustimmung zu Deons Handeln und benannte das weitere Vorgehen.

Diese Szene verdeutlicht, wie die Wissenschaftler die verschiedenen Menüs mit ihren jeweiligen Optionen durchsuchten. Es scheint, dass die Forscher nicht wussten, wonach sie suchen sollten. Sie versuchten etwas zu finden, das in Beziehung zu dem fehlenden Bild stehen könnte, d.h. sie waren auf der Suche, ohne zu wissen, wonach sie eigentlich Ausschau hielten. Wie ist das möglich? Wie kann man nach etwas suchen, ohne zu wissen, worum es sich dabei handelt? Die Suche der Wissenschaftler war nicht beliebig, vielmehr suchten sie nach etwas, das im Zusammenhang mit dem fehlenden Bild stehen könnte. Weil sie allerdings nicht wussten, worum es sich dabei handelte, erscheint es sogar möglich, dass sie die Lösung nicht einmal dann erkannt hätten, wenn sie unmittelbar davor gestanden hätten. Woran erkennen sie, wenn das Gesuchte gefunden ist? Dafür mussten sie wissen, dass die Veränderung eines Parameters das Bild erzeugen würde – oder sie so zumindest einer Lösung des Problems näher kommen würden. Da die Wissenschaftler allerdings nicht wussten, warum das Bild quasi über Nacht verschwunden war, konnten sie auch nicht wissen, wie sie es zurückbringen konnten. Daraus folgt, dass sie alle Parameter einzeln verändern müssten, um die Ursache des Problems zu finden. Insofern befanden sich die Wissenschaftler in einer „double-bind“-Situation, wie sie typisch ist für die Arbeit im Labor (Roth/McRobbie/Lucas/Bouonné 1997). Sie wussten nicht, was zu tun war und mussten daher schlicht ausprobieren, welcher Weg zum Erfolg führt. An diesem Punkt ihrer Arbeit mit dem neuen Instrument waren die Wissenschaftler mit der Software und ihren Optionen noch nicht vertraut. Durch ihre Suchbewegungen und die Wahrnehmung von Konsequenzen ihrer Handlungen entstand eine neue Welt. Die materiellen („sich durch die Welt der Software bewegen“) und verbalen Handlungen sind Explorationen. Erst mit Hilfe dieser Handlungen eröffnete sich den Beteiligten die von der Software konstituierte Welt. Anders ausgedrückt: Durch die Handlungen entsteht eine neue Welt. Die Eigenschaften der bildgebenden Software, des Monitors und des CCD entstehen im Prozess und als Konsequenz der aktiven Suche.

Man könnte sagen, das Heran- und Herumtasten „eröffnet den Zugang zu so etwas wie *Eigenschaften*“ [Heidegger 1977, S. 158]). Im Prozess des Betrachtens und der Überprüfung der Ergebnisse enthüllt sich das, was erkennbar ist, als Vorhandenes. Durch ihre Handlungen und die sich daraus ergebenden Konsequenzen brachten die Wissenschaftler eine Welt hervor, die sie im Folgenden erkunden konnten.

Man kann von dieser Welt nicht sagen, dass sie vorher bereits existierte, obwohl ihre materiellen Aspekte sicherlich auch vorher vorhanden waren. Ich verstehe die Relation zwischen Subjekt und Welt als eine dialektische, d.h. die Welt existiert auf zwei Ebenen: die materielle Welt und ihre Wahrnehmung durch ein Subjekt (Leont'ev 1978). Mit jeder Handlung wird die Welt verändert in dem Sinne, dass ihr Erscheinungsbild und die weiteren Handlungsoptionen sich verändern und neue Elemente produziert werden. „Herumtasten“ wird damit zum „Herantasten“, beides verstanden als Zielannäherung, d.h. in diesem Fall, die Suchbewegungen führen zur Annäherung an das Ziel, die Kamera funktionsfähig zu machen und die Eigenschaften der Software kennen zu lernen.

Deon erwähnte den helleren Bildschirm des vorherigen Tages, aber weder er noch Karl stellen diese Beobachtung ins Zentrum der Aufmerksamkeit (Z. 26). Der Helligkeitsunterschied wurde zwar als Tatsache angesehen, aber in den Augen der Wissenschaftler spielte das keine wesentliche Rolle auf der Suche nach einer Lösung für das Problem. In der Zeit seit der Datenerhebung des letzten Tages hatten Karl und Deon beschlossen, den kleineren Monitor gegen einen größeren aus einem der anderen Labore auszutauschen. Deon hatte nach einer Besprechung mit Karl zusätzlich eine weitere absorbierende Folie über den Monitor gelegt, um das Licht aus dem sichtbaren Spektrum (mit Ausnahme von Rot am unteren Ende des sichtbaren Spektrums) so weit wie möglich zu absorbieren. Obwohl Deon diese Veränderung durchaus thematisierte, stand sie nicht im Fokus der Lösungssuche.

In dieser Szene wird deutlich, dass Deon sich nicht an Karls falscher Lesart der Anzeige der Größe des Fensters „six-forty, eighty-eighty“ störte. In ähnlicher Weise hatte Karl „avis“ [‘eivis] vom Monitor abgelesen, aber Deon hatte die Aussprache sofort in „äi-vie-ais“ [‘ei-‘vi-‘ais] verbessert und damit erklärt, dass es sich um ein Videoformat handelte. Trotz dieser Stolperer war Deon ausreichend auf die Situation konzentriert, um in angemessener Weise reagieren zu können, als Karl „six-forty by four-eighty“ und „A-V-Is“ gesagt hatte. Karl hob wiederholt Optionen hervor, die den anderen beiden vertraut waren, weil sie mit der Software bereits gearbeitet hatten. Von daher nahm keiner von uns Karls Hinweise zur Bildschirmgröße (640 x 480), zum AVI, zur Komprimierung oder zu Unterschieden zwischen dem Standbild und den bewegten Bildern als mögliche Ursachen für die Probleme an. Tatsache ist aber, dass *jede* Äußerung in einer solchen Situation dazu dient, mögliche Ursachen für die Störung aufzuzeigen.

#### 4.4 Erste Klärung, „Lichtung“, ein Objekt

In der Szene, die sich etwa eine Minute nach der eben beschriebenen abspielte, trat eine Veränderung in der Art und Weise ein, wie die Forscher das Bild vor ihnen betrachteten. Bis zu diesem Punkt war die Helligkeit das zentrale Thema, auf das die Aussagen der Beteiligten bezogen waren und dem ihre Lösungsvorschläge galten. Im Normalfall entzieht sich die Auflösung des Bildes, „um gerade eigentlich zuhanden zu sein“ (Heidegger 1977, S. 69). D.h. das Instrument und seine konstitutiven Teile zeigen ihren Charakter genau in dem Moment, in dem sie nicht funktionieren. Heidegger nannte das den Moment, in dem der weltliche Charakter der Umgebung sich selbst bekannt macht und sich selbst zur Klärung bringt, wo er für unsere Aufmerksamkeit zugänglich ist. Das Thema Bildauflösung kam gemeinsam mit dem ersten vagen Bild einer Zelle auf – kaum sichtbar im umgebenden Rauschen, aber doch so deutlich, dass mit einer Handbewegung darauf gezeigt werden konnte.

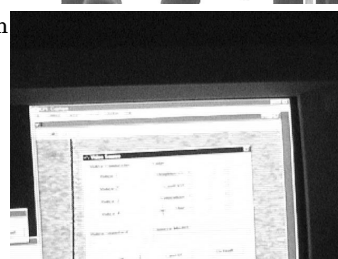
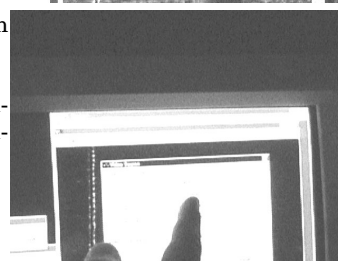
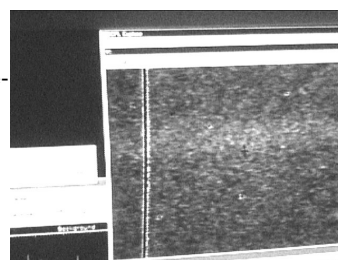
Die Szene begann, als Deon versuchte, durch Veränderung der Helligkeit ein deutlicheres Bild hervorzubringen. Karl fand, dies sei nicht das zentrale Probleme („that’s not it“). Deon entgegnete, dass auf dem Schirm eine Form zu erkennen sei. Es folgte eine relativ lange Pause, während der keiner der anderen beiden bestätigte, dass er die Form erkannt hatte, auf die Deon mit seiner Aussage „See this one right here?“ hingewiesen hatte. Deon interpretierte die Pause und das Ausbleiben von Zustimmung offenbar als Zeichen, dass die anderen



nicht verstanden hatten. Von daher wiederholte er die eben verwendete indexikale Referenz („right here“) und unterstrich sie zudem, indem er mit dem Finger auf dem Schirm die Umrisse der Gestalt nachzeichnete. Seine Worte und die begleitende Geste stellen eine Aussage dar, ein Zeigen, das mitteilend bestimmende Aufzeichnung ist.

## Transkript 4

- 01 D: \* Okay, I brighten it right here.  
 02 K: That's not it.  
 03 D: °How about this, do you see this one right here?°  
 04 (2.31)
- 05 You see right \* [here.  
 06 [(Moves finger back and forth along screen where there appears to be something in the noise)]
- 07 K: Yeah, I know, but the resolution is (0.69) really bad  
 08 D: Yeah.  
 09 (1.54)  
 10 OK.
- 11 (8.71) ((Goes to a pull down menu, which opens a new window))  
 I \* can't set the [contrast to brighten it.  
 13 [(Moves hand across the window at the place where settings can be changed.)]
- 14 °Yeah, we have more than one to select from it.°  
 15 Increase contrast–  
 16 (1.84)  
 17 brighten–  
 18 (7.39)  
 19 K: \* Now (0.20) there is too much noise.  
 20 D: Yeah.



Mit der Äußerung „Yeah, I know“ (Z. 07) gab Karl zu erkennen, dass er die Form gesehen hatte. Dann formulierte er das Problem neu: „the resolution is very bad“. Deon bestätigte Karls Beobachtung (Z. 08) und begann, in einem Menü zu suchen. Er wählte ein bestimmtes Fenster aus, erklärte aber, dass er die Einstellungen der Helligkeit des Bildes nicht verändern könne. Dabei bewegte er seine Hand über die Felder, in denen Modifikationen vorgenommen werden

konnten (Z. 12-13). Als würde er mit sich selber sprechen, gab er zu bedenken, dass zu viele verschiedene Wahlmöglichkeiten gegeben seien (Z. 14). Er nahm Veränderungen vor und formulierte begleitend „increase contrast“ und „brighten“. Seine Handlungen waren von Änderungen im Kontrast und in der Helligkeit begleitet, aber das Bild auf dem Monitor blieb so unscharf wie vorher. Karl beschrieb die Situation mit der Feststellung „too much noise“ (Z. 19) und schloss damit an seine vorherige Einschätzung an, dass es ein Problem mit der Auflösung sei. Deon stimmte ihm zu.

Im Verlauf der Datensammlung gab es andere Momente, an denen außer Rauschen „nichts“ auf dem Bildschirm zu sehen war. Aber die Wissenschaftler hatten gelernt, dass dieses spezielle Rauschen auf die Flüssigkeit, in der die Retina schwamm, oder auf einen anderen Teil des Instrumentariums zurückzuführen war. In der gegenwärtigen Situation war das Rauschen dem eines Fernseherschirms bei schlechtem Empfang vergleichbar. Die Forscher konnten die Ursache des Rauschens nicht erkennen. Eine solche Exploration der Situation im Hinblick auf mögliche Ursachen und Lösungen für das Problem trägt zum Prozess der Aufklärung bei. Im Verlauf der Suche scheinen verschiedene Formen und Gestalten auf – bis irgendwann eine von ihnen die Lösung des Problems möglich macht. Der von den Wissenschaftlern in dieser und in ähnlichen Problemsituationen verfolgte Suchvorgang hat keine Ähnlichkeit mit psychologischen und kognitionswissenschaftlichen Modellen zum Prozess der Problemlösung, bei denen ein bekannter Problemraum nach spezifischen und genau spezifizierten Gegebenheiten durchsucht wird – vergleichbar mit einer Person, die in ihrer Küche ein ganz bestimmtes Messer oder einen ganz bestimmten Topf sucht. Die Situation ist hier grundlegend verschieden, da die Beteiligten während ihrer Suche nicht wissen, wonach sie eigentlich suchen. Wie Deon an anderer Stelle in dieser Episode anmerkte, glaubte er nicht, dass seit dem vergangenen Tag irgendwelche Veränderungen stattgefunden hätten. Die Suche war demzufolge eher mit dem Vorgang vergleichbar, sich an einem unbekanntem Ort in kompletter Dunkelheit voranzutasten – was die Wissenschaftler ja auch buchstäblich taten. Die einzige Möglichkeit besteht darin, sich in verschiedene Richtungen zu bewegen – ohne zu wissen, in welcher eine Lösung des Problems zu finden ist. Zudem gibt es keine Möglichkeit zu beurteilen, ob eine bestimmte Bewegungsrichtung oder Handlung sich als hilfreich erweisen wird. Durch die Aufklärungsarbeit beginnen Figur und Grund sich zu trennen. Es existiert lediglich eine allgemeine Vorstellung davon, wie das Endergebnis aussehen soll. Dabei sind die Handlungsoptionen zwar durch die materiellen Gegebenheiten begrenzt, aber es gibt keine Karte oder einen Gradienten, der den Weg zum Ziel beschreiben würde – so wie man es aus dem Topf schlagen kennt, in denen man durch Zurufe („Wärmer!“, „Kälter!“) zum Ziel geführt wird.

Die von den Wissenschaftlern benutzte Sprache war ein integraler Bestandteil ihrer Exploration des Problems. Die Funktion, die Sprache hier erfüllt, ist weniger die der Repräsentation (also *über* etwas Aussagen zu machen). Sprache kommt eher als ein „Um-zu“ zum Einsatz, d.h. Sprache wird zu bestimmten Zwecken eingesetzt: um auf Dinge hinzuweisen, sie hervorzuheben oder um die eigene Wahrnehmung der Situation mit der der anderen in Übereinstimmung zu bringen. Wenn sprachliche Mittel unzureichend erschienen, konnten die Beteiligten auf Gesten zurückgreifen, mit deren Hilfe Dinge aufgezeigt, eingekreist und ikonisch ausgedrückt werden konnten. Die Sprache war Teil dieser Ausrichtung auf die Situation und weniger eine Re-Repräsentation einer Welt, die von den Menschen auf der Suche nach den Gründen für das veränderte Feld getrennt ist.

## 4.5 Gelichtet, Gelöst, Geräumt

Am Ende verschwand das Problem ganz plötzlich, als die Veränderung einer Softwareeinstellung das gewünschte Bild zum Vorschein brachte. Unmittelbar vor diesem Moment benannte Deon das erste Mal die relevante Veränderung, die seit dem vergangenen Tag eingetreten war: „Maybe it’s a trouble with the large screen“ (dt.: Vielleicht stimmt was nicht mit dem großen Bildschirm“). Groß bedeutete hier nicht „groß“ in einem absoluten Sinne, sondern bezieht sich auf den Größenunterschied zu dem kleineren Monitor, der am vorherigen Tag eingesetzt worden war.

Die Bedeutung dieser Aussage wird nur unter einer historischen Perspektive deutlich. Denn bis zu diesem Punkt in ihrer Arbeit hatten sie den (kleinen) Monitor lediglich eingesetzt, um Graphen anzuzeigen, während einer der Forscher mit Hilfe des Okulars nach geeigneten Zellen suchte.

Sie entschlossen sich, den kleinen Monitor durch einen anderen aus einem anderen Labor zu ersetzen. Die Erwähnung des großen Bildschirms und seine Einbringung in den Klärungsprozess – d.h. das Zuhandene zu etwas Vorhandenem zu machen – änderte die Einschätzung der Situation und führte zu einer schnellen Lösung des Problems. Die Wissenschaftler nahmen ihre Arbeit auf, als hätte es das Problem niemals gegeben – so als hätten sie nicht 15 Minuten lang darum gekämpft, das CCD Bild auf den Monitor zu bekommen. Aber mit dem der Lösung des Problems verschwand das, was bis dahin im Vordergrund gestanden hatte, wieder in seiner Zuhandenheit.

## 5. Diskussion

In den hier dargestellten Szenen verlagerten die Wissenschaftler den Fokus ihrer Aufmerksamkeit von der Datensammlung zu dem Instrument, das nicht mehr so funktionierte wie am vorherigen Tag. Innerhalb eines Zeitraums von 15 Minuten tappten sie um Dunkeln hinsichtlich der möglichen Ursache dieses Problems. Der Suchprozess und die an der Software vorgenommenen Veränderungen führten zur Klärung („Lichtung“). Dabei bemerkten und benannten sie Elemente, die in dem Moment wieder in den Hintergrund traten, als die Störung behoben worden war.

### 5.1 Lernen als Tappen im Dunkeln

In einer früheren Studie wurde wissenschaftliche Forschung mit der Metapher des „Herumbastelns“ beschrieben (Knorr 1979). Die Idee des Bastelns evoziert bestimmte Bilder: Man versucht mit den vorhandenen Materialien und Werkzeugen das Ziel zu erreichen, wobei man sie gelegentlich in widerständigen Situationen von ihrer ursprünglichen Gebrauchsart zweckentfremdet. Aber bei einer solchen Bastelarbeit sind die Materialien und Werkzeuge dem Bastler bekannt und zugänglich.

Die hier berichteten Szenen zeigen Wissenschaftler anders – so wie sie selten gezeigt werden. Es wird deutlich, wie weit die Gewöhnlichkeit ihres „Tappens im Dunkeln“ geht, wie sie von Moment zu Moment handeln, wenn sie nicht wissen, was vor sich geht. Während solcher Momente sind die Elemente, die am Ende zum Erfolg werden führen, nicht ohne weiteres sichtbar und verfügbar. Als das Problem erfolgreich gelöst worden war und die CCD Kamera wieder funktionierte, wurde – wie der Ausschnitt aus dem Forschungsbericht zeigt – ihr problemloser Einsatz in nur einem Satz beschrieben. Der Prozess des „Tappens im Dunkeln“ verdeutlicht in seiner Alltäglichkeit, wie Vertrautheit und der damit verbundene Erkenntnisreichtum alltäglich hervorgebracht werden. Unser profundes praktisches Wissen ist das Ergebnis extensiver und verkörperter Explorationen, durch die eine gliederbare Welt mit artikulierbaren Objekten und Entitäten zum Vorschein kommt. Ich schlage „Tappen im Dunkeln“ als Metapher für Lernprozesse vor: Durch Exploration des Unbekannten dehnt sich die uns bekannte Welt auf eine durch den Explorationsprozess erhellte Lichtung aus. Während dieses Prozesses wird verbale Kommunikation eingesetzt, oder besser: verbale Kommunikation ist konstitutiv für das Tappen im Dunkeln, indem mit ihrer Hilfe eine geteilte Wahrnehmung der Situation hergestellt oder abgesichert wird. Dabei wird das Offensichtliche nicht artikuliert, weil „das Aufzeigen der Aussage (...) sich auf dem Grunde des im Verstehen schon Erschlossenen bzw. umsichtig Entdeckten (vollzieht)“ (Heidegger 1977, S. 156).

Konzeptualisiert man Lernen als Aufklärungsarbeit in einem dunklen Raum (also aus der Lernerperspektive und im Sinne einer Perspektive des „ersten Durchgangs“), verändern sich die Erwartungen über Lernverhalten und -kompetenzen. Zunächst gilt es, die notwendige Kontingenz von praktischem und formalem Wissen zu erkennen, denn das, was letztendlich zur Aufklärung kommt, entsteht in einem dialektischen Prozess aus der Vergangenheit einer Person und ihren derzeitigen Handlungen. Des Weiteren stoßen wir an die Grenzen solcher Konstrukte wie Metakognition. Von einem metakognitiven Standpunkt aus betrachtet, hätten die Wissenschaftler im Labor ihre Handlungen kritisch hinterfragen müssen. Da die einzige Änderung im Zeitraum der letzten zwei Tage der Austausch des Monitors gewesen war, hätten die Wissenschaftler aus einer normativen Perspektive zuallererst untersuchen müssen, wie diese Änderung die Anzeigen auf dem Monitor beeinflusst haben könnte. In der idealen Welt der Theoretiker wäre dies ein vernünftiger Ansatz gewesen – nicht aber in der realen Welt alltäglicher Aktivität. Dort war der Monitor in Bezug auf die Handlungen der Wissenschaftler lediglich eine „Black Box“, die die vom angeschlossenen Rechner eingehenden Informationen anzeigte. Es gab keinen Grund anzunehmen, dass es eine Interaktion zwischen der Software und dem Monitor geben könnte.

Im naturwissenschaftlichen Unterricht werden unrealistische Metaphern für den Lernprozess verwendet, z.B. in Form von Informationstransfer-Theorien („was rüberschieben“) oder der Wissenskonstruktion (vergleichbar mit kleinen Handwerkern, die mit ihrem Werkzeug etwas bauen). Wollte man Wissenserwerb als Informationsverarbeitung und Lernprozesse als Wissenskonstruktion aus verschiedenen bekannten Bausteinen und Einzelteilen konzeptualisieren, könnte man im Schulunterricht auf einfache Weise entsprechende rationale Mechanismen vermitteln. Die hier eröffneten Einblicke in wissenschaftliches Arbeiten zeigen, dass dies nicht möglich ist. Lernprozesse lassen sich treffender beschreiben mit dem Konzept der Emergenz.

## 5.2 Kommunikation im Labor

Anhand der Transkripte lassen sich einige interessante Merkmale der Kommunikation beschreiben. Zwischen den einzelnen Redebeiträgen traten oft relativ lange Pausen auf (bis zu 30 Sekunden lang). Die Analyse von Gesprächen, z.B. nach Turn-Taking-Mustern, Repair und Pausen/Überlappungen hat eine lange disziplinäre Tradition (Sacks/Schegloff/Jefferson 1974). Viele der dort beschriebenen Muster lassen sich auf die von mir beobachteten Kommunikationsmuster im Labor nicht anwenden. So gibt es z.B. lange Pausen, in denen keiner der Beteiligten spricht und Fragen und Aussagen aus dem Nichts aufzutauchen scheinen. Im Unterschied zu den normalerweise analysierten Kommunikationsformen ist die Benutzung von Sprache im Labor keine eigenständige Aktivität, sondern steht im Dienste der alltäglichen Arbeit der Datensammlung. Die Zeitlichkeit/Temporalität des Sprachgebrauchs und die Turn-Taking-Muster werden der Gesamtsituation untergeordnet, oder besser: Sie ist ein integraler Bestandteil der Gesamtsituation, in der sich die Anwesenden befinden. Der Zweck dieser Aktivitäten besteht darin, Daten für einen Artikel zu erheben, und ein Teil dieser Daten sollte an dem besagten Tag erhoben werden. Sprache kommt dabei nur insoweit zum Einsatz, wie sie zur Zielannäherung beiträgt. Die Teilnehmer sind alle gleichzeitig anwesend und haben von daher gleichen perzeptuellen Zugang zur materiellen Situation und zueinander. Zudem verfügen sie über eine lange Geschichte gemeinsamer Aktivität. Insofern können viele Dinge unausgesprochen bleiben. Auch wenn viele Äußerungen nicht grammatisch korrekt sind und den jeweiligen Sachverhalt nicht komplett repräsentieren, leisten sie Aufklärungsarbeit und bringen das System als Ganzes voran.

Dabei verändert sich nicht das Thema, um das sich die verbalen Beiträge drehen, sondern das Labor als Ganzes. Da die Anwesenden auf die relevanten Aspekte der Situation konzentriert sind, müssen offensichtliche Aspekte nicht ausgesprochen werden, denn: „Aussage ist mitteilend bestimmende Aufzeigung“ (Heidegger 1977, S. 156). Verbale und gestische Kommunikation im Labor hat mindestens zwei Funktionen: Zum einen kann auf diese Weise auf etwas hingewiesen werden, das die anderen möglicherweise nicht bemerkt haben. Mit Hilfe des kommunikativen Aktes hebt der Sprecher einen ihm wichtig erscheinenden Aspekt hervor. Zum anderen dient der kommunikative Akt dazu, Inter-subjektivität in Bezug auf die Wahrnehmung der jeweiligen Situation und den Verlauf der Ereignisse sicherzustellen. Die Videos, die ich während der Jahre meiner Forschungsarbeit im Labor aufgenommen habe, illustrieren, dass im Laufe der Zeit zunehmend weniger gesprochen wurde. Daraus folgt, dass Kommunikation nicht als punktuell Phänomen interpretiert werden darf, sondern einer historischen Analyse unterzogen werden muss. Wenn die Kollegen während ihrer Arbeit nicht miteinander sprechen, darf daraus nicht gefolgert werden, dass nichts passiert. Vielmehr zeigt das Schweigen, dass die Anwesenden für sich selbst und die anderen davon ausgehen, dass sie wissen, was gerade vor sich geht. Erst wenn der Eindruck entsteht, dass keine gemeinsame Basis besteht, werden kommunikative Handlungen nötig.

### 5.3 Zeitlichkeit wissenschaftlicher Praxis

Es gibt eine Zeitlichkeit in „entdeckenden Wissenschaften“, die sich sehr von derjenigen der Produktion und Reproduktion alltäglicher Handlungen unterscheidet. Die hier präsentierten Daten zeigen, dass Arbeit im Labor ihrer eigenen Zeitlichkeit folgt. Ihre Beschreibung gelingt nicht mit Hilfe von Stoppuhren. Vielmehr bestimmt die Verkettung von Handlungsschritten zur Veränderung des Handlungsobjekts Tempo und Rhythmus der Praktiken (Bourdieu 1980). Im Schulunterricht wäre Karl für seine Verspätung und die Gruppe als Ganzes für ihr langsames Vorankommen getadelt worden. Sie waren nicht in der Lage, dort weiterzumachen, wo sie am vorigen Tag aufgehört hatten. Die Aktivitätsrate wurde außerdem durch die besonderen Umstände die Lichtintensität betreffend begrenzt. Da nur langwelliges Licht von sehr geringer Intensität im Raum vorhanden sein durfte, musste zunächst die Dunkeladaptation einsetzen. Demzufolge entstand eine lange Phase, in der die Wissenschaftler wenig anderes machen konnten, als zu warten und vielleicht ein bisschen zu reden.

Man könnte vermuten, dass dieser zeitliche Verlauf nicht der Normalfall ist. Tatsächlich ist eine solche Zeitlichkeit aber die Regel für die von mir beobachtete Forschungsarbeit. Es gibt lange Perioden, in denen die Wissenschaftler mit der von ihnen so genannten „Drecksarbeit“ befasst sind, d.h. wiederholt Daten erheben zu müssen oder sich mit Experimenten herumzuschlagen, die nicht funktionieren (Roth/Bowen 2001). Ihr Lernprozess, wie er sich in der langsamen Konstruktion neuer Fakten ausdrückt, ist im Vergleich zu dem, was Lehrer von ihren Schülern verlangen, ziemlich schlampig. Die Untersuchung zeigt auch, dass es viel Zeit kostet, bis die Wissenschaftler unbekanntes Terrain durch ausgedehnte Erkundungen und Untersuchungen kennen gelernt haben. Durch ihre Handlungen erkunden und konstituieren sie einen Teil der Welt und lernen, Inhalte zu benennen, zu beschreiben und darüber Theorien zu bilden. Im Gegensatz dazu sollen Schüler kochrezeptartig Experimente durchführen, ohne die Möglichkeit zur Erkundung der relevanten Segmente dieser Welt zu bekommen. Sie sollen anhand inhärent mehrdeutiger Instruktionen zu Erkenntnissen gelangen, d.h. sie sollen diesen Instruktionen folgen und erkennen, was sie erkennen sollen. Im Licht dieser Untersuchung wird deutlich, dass Konzeptionen schulischer Lernaktivitäten unrealistische Annahmen für die Zeitlichkeit solcher Prozesse machen – das gilt in besonderem Maße für die naturwissenschaftlichen Fächer. Der zeitliche Verlauf eines Schultages ist hoch strukturiert und streng reglementiert. Die Fächer wechseln im Stundentakt, und auch die einzelnen Unterrichtsstunden folgen einem bestimmten zeitlichen Verlauf. In den naturwissenschaftlichen Fächern sollen die Schüler ihre Experimente zügig und akkurat durchführen, um schließlich exakt die Dinge zu erkennen, die der Lehrer von ihnen erwartet. Sodann sollen Schlussfolgerungen über die den Phänomenen angeblich zugrunde liegenden Naturgesetze gezogen werden. Die Wirklichkeit sieht anders aus: Karl erschien eine Stunde später als geplant im Labor. Dann funktionierte das Instrument nicht. Bevor die nötigen Daten erhoben werden konnten, mussten sich die Wissenschaftler damit auseinandersetzen, wie es wieder in einen funktionsfähigen Zustand gebracht werden konnte. Wenn die Erfahrungen von Schülern auch nur im Geringsten denen der Wissenschaftler in meiner Analyse gleichen, dann ist es offensichtlich, dass der naturwissenschaftliche Unterricht auf falschen Annahmen über Lernprozesse und Wissenskonstruktion beruht.<sup>3</sup>

## 6. Schlussbemerkung

Diese Studie stellt wissenschaftliche Laborarbeit als einen Prozess des Tappens im Dunkeln dar, indem durch Handlungen Aufklärungen hervorgebracht werden. Diese Handlungen bedingen auch die spezifische Zeitlichkeit der Forschungsarbeit und nehmen zusammen mit dem historischen Verlauf der gemeinsamen Arbeit Einfluss auf die verbale Kommunikation. Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse müsste die Institution des naturwissenschaftlichen Schulunterrichts neu durchdacht werden.

### Anmerkungen

- \* Die hier vorgestellten Forschungen wurden ermöglicht durch Drittmittel des Social Sciences and Humanities Research Council (SSHRC) und des Natural and Engineering Research Council (NSERC). Ich danke Craig Hawryshyn, Theodore Haimberger, Shelby Temple, Sam Ramsden, Leanna Boyer und Yew Lee für ihre Teilnahme und ihre Hilfe bei dieser Untersuchung. Die Übersetzung des englischen Originals ins Deutsche besorgte Antje Lettau unter Mithilfe von Franz Breuer. Die Verantwortung für eventuelle Fehler liegt allein bei mir.
- 1 CCD steht für „charge-coupled device“. Ein CCD ist die Basis der Technologie, die in Digitalkameras und Camcordern verwendet wird. Es ist ein geordnetes Röhrenfeld. Das Licht (Photonen), das in ein Röhren fällt, ruft eine Lawine von Elektronen hervor, die dann wiederum eine Ladung hervorruft. Diese Ladung wird weiterverarbeitet und in Pixel umgewandelt. Das CCD hat demzufolge Ähnlichkeit mit einer Retina.
- 2 Basierend auf der Literatur zur Konversationsanalyse werden die folgenden Konventionen für die Transkription in diesem Artikel verwendet: (1.70) = Zeit in Hundertstel Sekunden; (some?) Unsicherheit beim Abhören des Wortes; „some“; (???) = ungefähr drei Wörter sind zu hören; – = plötzlich unterbrochene Äußerung; \* = Markierung im Text, wann das korrespondierende Video-Bild aufgenommen wurde; „!?“ = Zeichensetzung wird nicht für grammatische Zwecke verwendet, sondern soll Intonation wiedergeben; hh = Ausatmen; jedes h steht für eine Zehntelsekunde; [ = eckige Klammern stehen für überlappende aufeinanderfolgende Redebeiträge oder für Überlappungen zwischen Rede und Handlung; = (Gleichheitszeichen) = Schneller, unmittelbarer Anschluß neuer Turns oder Einheiten, die normalerweise zwischen zwei Redebeiträgen auftauchende Pause fehlt; ((Klackendes Geräusch)) = doppelte Klammern enthalten Kommentare des Autors, z.B. Handlungen; the: = der Doppelpunkt zeigt verlängerte Phoneme an (z.B. das Phonem „e“); CAPture = lauter gesprochene Silben sind mit Großbuchstaben gekennzeichnet; °turn around° = leises Sprechen wird mit Grad-Zeichen umschrieben; *Now* = betonte Silben sind kursiv gesetzt.
- 3 Foucault (1973) hat gezeigt, dass es einen Grund für den Irrsinn gibt, Schüler aus natürlichen Rhythmen zu drängen und sie einem periodischen Aufgabenwechsel auszusetzen – es bereitet sie auf die dekontextualisierten und dekontextualisierenden Arbeitsabläufe in einer Fabrik vor.

### Literatur

- Amerine, R./Bilmes, J.: Following instructions. In: Lynch, M./Woolgar, S. (Hrsg.): Representation in scientific practice. Cambridge MA 1990, S. 323-335
- Bourdieu, P.: Le sens pratique. Paris 1980
- Coy, M. (Hrsg.): Apprenticeship: From theory to method and back again. Albany NY 1989
- Foucault, M.: Surveiller et punir: Naissance de la prison. Paris 1975

- Garfinkel, H.: *Studies in ethnomethodology*. Englewood Cliffs NJ 1967
- Garfinkel, H./Lynch, M./Livingston, E.: The work of a discovering science construed with materials from the optically discovered pulsar. In: *Philosophy of the Social Sciences* 11 (1981), H. 1, S. 131-158
- Gooding, D.: *Experiment and the making of meaning: Human agency in scientific observation and experiment*. Dordrecht, The Netherlands 1990
- Heidegger, M.: *Sein und Zeit*. Tübingen 1977
- Knorr, K. D.: Tinkering toward success. In: *Theory and Society* 8 (1979), H. 3, S. 347-376
- Knorr-Cetina, K. D.: *The manufacture of knowledge: An essay on the constructivist and contextual nature of science*. Oxford 1981
- Leont'ev, A. N.: *Activity, consciousness and personality*. Englewood Cliffs, CA 1978
- Pickering, A.: *The mangle of practice: Time, agency, & science*. Chicago 1995
- Roth, W.-M.: *Toward an anthropology of graphing*. Dordrecht, The Netherlands 2003
- Roth, W.-M./Bowen, G. M.: Digitizing lizards: The topology of ‚vision‘ in ecological field-work. In: *Social Studies of Science* 29 (1999), H. 5, S. 719-764
- Roth, W.-M./McRobbie, C./Lucas, K. B./Boutonné, S.: The local production of order in traditional science laboratories: A phenomenological analysis. In: *Learning and Instruction* 7 (1997), H. 2, S. 107-136
- Sacks, H./Schegloff, E./Jefferson, G.: A simplest systematics for the organization of turn-taking in conversation. In: *Language* 50 (1974), S. 697-735
- Suchman, L. A.: Representing practice in cognitive science. In: Lynch, M./Woolgar, S. (Hrsg.): *Representation in scientific practice*. Cambridge MA 1990, 301-321
- Suzuki, D.: *Inventing the future: Reflections on science, technology, and nature*. Toronto 1989