

1. Einleitung

Effektives Handeln ist immer auch zeitgerechtes Handeln, d.h. das Handeln muss in einen allgemein akzeptierten Zeitrahmen passen. Deshalb sollte man verstehen, wie zeitgerechtes Handeln zustande kommt. Dabei stellt sich die Frage, welche physiologischen Prozesse einem zeitgerechten Handeln zugrunde liegen, oder anders ausgedrückt: welche Fehlsteuerungen liegen vor, wenn Handlungen stets den vorgesehenen Zeitrahmen sprengen also zu früh oder zu spät erfolgen.

Die hier aufgeworfene Frage nach der Zeit bezieht sich auf das Zeitempfinden insgesamt und geht damit über das hinaus, was als Reaktionszeit (76) bezeichnet wird.

Mit dieser Frage wird man immer dann konfrontiert, wenn Menschen in extremen Umwelten agieren und dabei häufig Zeitpläne, die in gewohnten oder normalen Umgebungen entworfen wurden, nicht einhalten. So machten Kirsch und Mitarbeiter (46) regelmäßig die Beobachtung, dass Astronauten im Weltraum die vorgesehenen Zeitpläne nicht eingehalten haben. Sie lagen gegenüber den terrestrischen Zeitplänen immer zurück (46). In diesen Fällen war die Annahme naheliegend, dass die im Schwerfeld der Erde geübten Handgriffe und dementsprechend die Konstruktion der Gerätschaften nicht so funktionierten wie auf der Erde vorgesehen. Die Arbeitspläne waren zu anspruchsvoll, weil man viel erledigen wollte und die Astronauten übermüdet waren. Mit diesen Erklärungen, beruhend auf mechanischen und organisatorischen Ursachen, gab man sich meist zufrieden.

In diesem Zusammenhang muss auch als Beispiel eine hohe Unfallhäufigkeit in den hochgelegenen Minen in den Anden erwähnt werden (44). In dieser extremen Umwelt nimmt man an, dass die Arbeit in diesen Höhen um 4 - 5000 Meter zur Hypoxie führen und dadurch die Reaktionszeit verlängert wird, was als Erklärung zunächst ausreichen würde (40, 100).

Aber die grundsätzliche Frage, ob in diesen extremen Umwelten die Fähigkeit des Menschen, eine Dauer und die zeitliche Ordnung von Sachverhalten, kurz, das subjektive Zeiterleben genau

so erhalten bleibt wie in den gewohnten Umgebungen, wurde bislang noch nicht gestellt und deshalb noch nicht untersucht.

Obwohl der Mensch über kein spezifisches Sinnesorgan verfügt, das ihm Auskunft über diejenige Zeit gibt, die man als physikalische oder Newton'sche Zeit (Weltzeit) bezeichnet, ist dennoch unbestritten, dass der Mensch über einen Zeitsinn verfügt, der es ihm ermöglicht, die Dauer von Ereignissen, die Intervalle und die zeitliche Sequenz von Ereignissen, die ihm die Sinnesorgane vermitteln, wahrzunehmen und in Erinnerung zu behalten. Eine Konsequenz daraus ist, dass der absoluten physikalischen Zeit (Weltzeit), die mit zahlreichen Techniken präzise messbar ist, eine subjektiv empfundene, individuell erlebte psycho-physiologische Zeit gegenübersteht (Ichzeit). Diese beinhaltet auch die soziale Zeit (52) und die chronobiologische Zeit. Während die physikalische Zeit unbeeinflusst von äußeren Umständen dahinfließt, ist die subjektiv erlebte Zeit von zahlreichen Faktoren abhängig, die dokumentiert und experimentell überprüft werden können (15).

Von Bedeutung sind: 1. Das Alter (17, 31, 51), das Geschlecht (79) und der Bildungshintergrund (69) der betreffenden Person. 2. Die Inhalte der Zeitperiode (27), die überprüft bzw. geschätzt werden soll. 3. Der Aktivitätszustand der Testperson während des Tests (16, 22). Ist die Person passiv abwartend oder aktiv und aufmerksam ? 4. Die Art der Testaufgabe, d.h. die Testmethode ist von größter Bedeutung. Darüber existiert eine umfangreiche Literatur, auf die hier nur kurz verwiesen werden soll (13, 27, 74, 91).

Aus dieser Aufzählung der Fakten ist es verständlich, dass das Zeiterleben des Menschen höchst individuell geprägt sein muss. Eine „reine“ physiologische Zeit, die für alle Menschen gleich ist, kann es somit nicht geben. Ein Hinweis hierauf gibt z.B. die Tatsache, dass das Zeitempfinden neben den obengenannten Faktoren auch maßgeblich durch das Klima und das soziale Umfeld (cool people time) beeinflusst wird (52).

Zeit muss also als ein aus vielen physiologischen Prozessen zusammengesetztes Konstrukt betrachtet werden, mit dessen Hilfe sich der Mensch in der Welt orientiert (61, 19). Es gibt eben, wie oben bereits festgestellt, kein Zeitorgan im menschlichen Körper. Nicht unerwähnt sollte in

diesem Zusammenhang bleiben, dass es Strukturen im ZNS gibt, die besonders zu unserem subjektiven Zeitempfinden beitragen (30, 54).

Nimmt man die Individualität des Zeiterlebens als gegeben hin, so müsste man versuchen den „inneren Zustand“ oder die Befindlichkeit eines Individuums so zu beschreiben, dass man daraus letztlich sein Zeiterleben ableiten könnte. Mit anderen Worten, das subjektive Zeiterleben wäre dann vorhersagbar. Dies könnte eine große praktische Bedeutung besonders in der Arbeitswelt haben, wie oben anhand der Beispiele der Astronauten und der Bergarbeiter in den hochgelegenen Minen angedeutet. Besonders wichtig in diesem Zusammenhang ist, dass die Störungen in den Arbeitsabläufen durch eine veränderte Präsenzzeit (Zeitspannen von 1-6 sek.) (41,76) bzw. subjektive Ereigniszeit (10 sek. und mehr) (52), welche beide Bestandteile der sogenannten Ichzeit (s.u.) sind, verursacht werden.

Nach Grüsser hat die individuell erlebte Zeit sechs Eigenschaften (36):

1. Die erlebte Zeit gliedert sich in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.
2. Die Zeit hat eine Richtung, sie weist aus der Vergangenheit in die Zukunft.
3. Die Zeit lässt sich durch ein periodisches Ereignis - z.B. eine Pendeluhr - messen und durch Zählen in ihrer Länge angeben.
4. Die Zeit lässt sich in Messgrößen angeben: Sekunden, Minuten, Stunden, Tage, Jahre
5. Die Zeit bringt Veränderungen, die nicht umkehrbar sind.
6. Die subjektive Dauer der erlebten Zeit stimmt häufig nicht mit der durch die Uhr gemessenen Zeit überein.

Für die weiteren Betrachtungen im Rahmen der vorliegenden Studie sind die erste, die dritte und die letzte Eigenschaft von besonderer Bedeutung.

Die erste Eigenschaft umfasst die Gesamtheit des Zeiterlebens. Die dritte hat etwas mit dem Messvorgang, mit der Methode selbst zu tun, und schließlich die sechste mit dem individuellen Zeiterleben. Diese Punkte werden im Verlauf der vorliegenden Arbeit mehrfach angesprochen.

Es wird hier von der Hypothese ausgegangen, dass das ANS (Autonomes Nerven System) in das Zeiterleben eingebunden ist. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, über die Analyse von gut messbaren physiologischen Parametern, die über das ANS mitgesteuert werden, zu Aussagen zu kommen, die mit dem individuellen Zeiterleben in einem Zusammenhang stehen. Konkret gesprochen: Wäre es möglich, durch Messungen von beispielsweise der Herz- oder Atemfrequenz oder deren Variabilitäten im Zusammenhang mit einem Zeitschätzverfahren Rückschlüsse zu gewinnen, wie genau eine Zeitschätzung ausfallen wird? Man könnte beispielsweise annehmen, dass die Herzfrequenz (HF) oder die Atemfrequenz (AF) als Taktgeber fungieren, die das Zeitempfinden beeinflussen. Was die HF angeht, hat es bereits zahlreiche Untersuchungen gegeben, die aber keine eindeutigen Ergebnisse erbracht haben (45, 49, 59, 67, 71). Über die Bedeutung der AF liegen uns jedoch nur wenige Untersuchungen vor (16, 38, 85). Das mag messtechnische Gründe gehabt haben. Eine Verknüpfung von HF und AF, d.h. das Verhältnis von Herz- zu Atemfrequenz, hier Ratio genannt, hat im vorliegenden Zusammenhang unseres Wissens noch niemand untersucht. Die Idee, dass die Atmung in das Zeitempfinden einbezogen werden muss, ergab sich aus folgender Tatsache: Die AF wird durch einen im unteren Hirnstamm lokalisierten Rhythmusgenerator mitgesteuert (82, 86). Dieser Rhythmusgenerator besteht aus verschiedenen Neuronenpopulationen, die sowohl Verbindungen nach zentral bis in den Kortex haben als auch mit den Neuronen in der Medulla oblongata verknüpft sind, die für die Regulation des Kreislaufs zuständig sind (82). Ein solcher Rhythmusgenerator könnte für das Zeiterleben des Menschen von Bedeutung sein.

Alle Faktoren, die das autonome Nervensystem (ANS) beeinflussen, und dieser Rhythmusgenerator im unteren Hirnstamm sind ein Teil des ANS und sollten auch in überprüfbarer Form, d.h. anhand der AF, HF oder der Ratio bzw. deren Veränderungen, das Zeiterleben beeinflussen. Das dem so sein kann, geht schon aus Beschreibungen von Angst- oder Schrecksituationen hervor, in denen die Menschen „den Atem anhalten“ und sich das subjektive Zeiterleben verändert. Entweder die Zeit steht unter solchen Bedingungen still oder sie verfliegt (72).

Von hier aus lässt sich eine Brücke schlagen zu Modellvorstellungen, die von Psycho-Physiologen entwickelt wurden, um das Zeitempfinden des Menschen zu analysieren (32, 35).

In diesem Zusammenhang sei die „Skalare Zeiterfassungstheorie“ (SZT) (Skalar timing theory) genannt (33, 34). Im Rahmen der SZT wird von verschiedenen Ebenen des Zeiterlebens ausgegangen, die in den verschiedenen Hirnarealen lokalisiert sind. Diese Theorie erlaubt dementsprechend Störungen des Zeitempfindens auf den verschiedensten Ebenen zu erfassen und zu erklären. Für die vorliegende Arbeit ist es wichtig, dass zu Beginn des Zeitempfindungsprozesses von mehreren Schrittmachern ausgegangen wird, die hochfrequente Impulse generieren und deren Frequenzen beeinflussbar sind. In der vorliegenden Arbeit wird dabei von einer Prozessebene gesprochen, in die zahlreiche Areale des ZNS eingebunden sind (65). Die nachgeordnete Gedächtnisebene wird hier weitgehend außer acht gelassen, ein für das experimentelle Vorgehen der vorliegenden Studie wichtiger Punkt.

Bereits 1933 ist z.B. Hoagland von einem Zeitempfindungssystem ausgegangen, das Temperatur abhängig sein sollte (42). Bei erhöhten Körpertemperaturen hatten die Betroffenen ein beschleunigtes Zeiterleben. Die subjektiv erlebte Zeit lief der physikalischen Zeit voraus (42). Es könnte sein, dass die Taktfrequenz der Schrittmacher sich verändert hatte und so das Zeitempfinden beeinflusste. Man könnte daraus ableiten, dass Neuronenpopulationen, die die HF und AF beeinflussen und über das ANS gesteuert werden, Teile eines solchen Schrittmachersystems sind, wie sie in der SZT vorausgesetzt werden. Dies würde es im Zusammenhang mit durchzuführenden Zeitschätzverfahren erforderlich machen, stets die AF und die HF mitzubestimmen. Die Ergebnisse von Messungen des subjektiven Zeitempfindens sollten dann in einem Zusammenhang mit den Messungen der HF und AF und deren Verhältnis zueinander gesehen werden, wobei natürlich die Variabilitäten dieser physiologischen Parameter mit einbezogen würden. Dies wäre ein von der Physiologie her betriebener Ansatz, sich dem subjektiven Zeiterleben experimentell zu nähern.

Interessant sind in diesem Zusammenhang Befunde verschiedener Arbeitsgruppen, die aus Kollektiven junger Probanden Individuen mit stets erhöhten Atemfrequenzen fanden. Sie gehörten, wie sich später bei eingehenden Tests herausstellte, zu einer Population prähypertensiver junger Probanden (43, 60, 66, 77).

Man kann heutzutage davon ausgehen, dass sich in unserer Bevölkerung etwa 30% solcher Personen befinden, die in ihrem späteren Leben eine Hypertonie entwickeln (99). Dieser Befund ist im Zusammenhang mit dem subjektiven Zeiterleben in zweierlei Hinsicht interessant. Sollte die Rhythmogenese der Atmung tatsächlich in das System der SZT eingebunden sein, müssten sich im Zeitschätzverhalten tatsächlich Unterschiede zwischen „Schnell-“ und „Langsamatmern“ finden lassen.

Es wäre zu bedenken, dass in den Untersuchungen von Psycho-Physiologen auf diesem Gebiet häufig nur mit kleinen Kollektiven gearbeitet wurde, wobei man die Individuen dieser Kollektive als gesund und untereinander gut vergleichbar betrachtete. Diese Annahme sollte so, ohne dies überprüft zu haben, nicht aufrecht erhalten werden.

Bei Untersuchungen zum subjektiven Zeiterleben hängt das Ergebnis u.a. auch **a.** von den Zeiträumen ab, die man testet und **b.** von der Testmethode. Darüber liegen viele Untersuchungen und zusammenfassende Arbeiten vor (13, 27, 68, 92, 102).

Da man in der vorliegenden Studie von der Hypothese ausgeht, dass Atmung und Herzfrequenz bei Zeitschätzverfahren in einem Zusammenhang gesehen werden müssen, war es naheliegend sich auf einen Testzeitraum von 1 - 5 Sekunden zu beschränken. Dieser Erlebenszeitraum wird in der Literatur als „Präsenzzeit“ bezeichnet (41, 52, 76). Die in diesem Zeitraum wahrgenommenen Ereignisse werden zwar im SZT prozessiert, aber nicht in Gedächtnisspeichern gelagert, man verbleibt also in der Prozessebene, wobei die Kognition davon weitgehend ausgeschlossen bleibt (33, 34, 65). Die Präsenzzeit umfasst etwa die Länge eines Atemzuges wobei 4 -5 Herzschläge (HF/AF ~ 4) erfolgen. Sie kann am besten mit der sog. Reproduktionsmethode getestet werden (27). Dabei werden die Probanden aufgefordert, das angebotene Zeitintervall, dessen Anfang und Ende durch ein akustisches Signal markiert wurde, möglichst genau zu reproduzieren. Es handelt sich dabei um ein sog. „leeres“ Intervall (74). Für die vorliegende Studie wurde diese Methode ausgewählt, weil das Gehör mit hoher Genauigkeit die Zeit erfassen kann (76, 78).

Insgesamt wurden in der vorliegenden Studie 71 Probanden untersucht. Es kam darauf an, zunächst Kontrolluntersuchungen an einem möglichst großen Kollektiv zu machen, um zu

überprüfen wie "homogen" bezüglich der AF und HF dieses Probandenkollektiv war. In diesem Kollektiv befanden sich Probanden aus Berlin, aus der Türkei und aus Chile. Wir haben dieses Kollektiv bewusst so zusammengesetzt, um Bildungshintergrund und kulturelle Unterschiede möglichst weit zu streuen. Ferner wurde das Kollektiv in Chile zunächst auf Meereshöhe und danach in einer Höhe von 3 600 m getestet (hypobare Hypoxie) und danach wieder auf Meereshöhe. Die Höhenbedingungen führen stets zu einer Aktivierung des sympathischen Nervensystems (44). Sollte dies die Zeitwahrnehmung beeinflussen, könnte man die Einflüsse des ANS unter solchen Umständen am besten untersuchen.

Die Ergebnisse solcher Untersuchungen können von großer praktischer Bedeutung sein, um das veränderte Zeitverhalten der Astronauten zu verstehen, aber auch könnten sich daraus Hinweise gewinnen lassen, die die Ursache der hohen Unfallhäufigkeit in großen Höhen erklären.