Die Einführung eines Affiliationsbedürfnisses bei PSI

Theoretische Konzepte und experimentelle Untersuchungen

Frank Detje

Institut für Theoretische Psychologie, Universität Bamberg

frank.detje@ppp.uni-bamberg.de

1. Einleitung: Das Sozionik-Projekt

Das Kooperationsprojekt von Prof. Dörner (Uni Bamberg) und Prof. Levi (Uni Stuttgart) macht sich zur Aufgabe, ”die Entstehung und Änderung sozialer Strukturen in Gruppen intelligenter, multimotivierter, emotionaler Agenten” zu erforschen.

Ausgangspunkt für die sozionischen Forschungsfragen und –ziele ist ein kognitiv-emotional-motivationales System namens „PSI“, das sich in (fast) beliebigen Umgebungen autonom bewegen und für seine Bedürfnisse sorgen kann (Dörner, 1994a, 1996, 1999). Die PSI-Theorie erklärt auf der Grundlage der menschlichen Absichts- und Handlungsregulation verschiedene psychische Phänomene. Dazu werden die molaren Phänomene einer regelbasierten Ebene komplexer psychologischer Prozesse mit der molekularen Ebene neuronaler Netzwerkelemente (theoretische Neuronen, siehe bereits Dertouzos, 1965) verbunden. Konzepte wie Wahrnehmung, Absichtsauswahl, Emotion, Gedächtnisprozesse und Handlungssteuerung sind soweit formalisiert, dass sie als Computerprogramm der menschlichen Psyche implementiert sind (PSI-Implementation). Das Verhalten dieser Computerimplementation wurde bereits hinsichtlich verschiedener Aspekte mit dem Verhalten von Menschen (Bartl & Dörner, 1998; Detje 2000a; Dörner 2000; Hille, 1997; Schaub, 1993, 1997) und kognitiven Architekturen (Westermann & Heise, 1996; Detje, 1999) verglichen. Die sozionische Frage, die sich stellt ist, ob diese ”künstlichen Seelen” (Schaub, 1996; Hille, 1997; Dörner, 1999) auch als Grundlage zur Modellierung sozialer und gesellschaftlicher Phänomene dienen können.

Kernfragestellung unseres Projekts ist, wie sich die zusätzliche Einführung eines sozialen Motivs in die vorhandene PSI-Theorie auf die Kooperation und die Gruppenstruktur von intelligenten, multimotivierten und emotionalen Agenten auswirkt. Bei dem sozialen Motiv, das wir einführen wollen, handelt es sich um das Affiliationsmotiv, ein Bedürfnis nach ”Legitimitätssignalen”, die ein Agent benötigt. Es soll erforscht werden:

- wie sich aus einem solchen Bedürfnis Bindungen zwischen den Agenten entwickeln,
- wie und ob sich aus diesen Bindungen zwischen einzelnen Agenten Gruppenstrukturen entwickeln,
- welche Gruppenstrukturen spontan entstehen,
- wie und unter welchen Bedingungen Gruppen mit spezifischen Strukturen besser oder schlechter mit verschiedenen Umweltbedingungen zurechtkommen,

- welche Bedingungen (Variation von Umweltbedingungen, Agentenmerkmalen, Ressourcenknappheit) zur Stabilisierung bzw. Destabilisierung der Gruppenstruktur beitragen,
- in welchem Ausmaß sich aus der Einführung eines solchen Bedürfnisses gruppenspezifische Phänomene wie z.B. Altruismus oder soziale Konflikte ergeben.

Es sollen in diesem Tandemprojekt also die Entstehung und die Formen sozialer Strukturen in einer Gesellschaft von PSI-basierten ”autonomen Agenten” untersucht werden, die sich ergeben, wenn man die autonomen Agenten mit einem ”Affiliationsmotiv” versieht. Die PSI-Implementation „lebte“ bislang alleine in einer „Insel“-Umwelt. Dort hat sie ihre jeweilige Lebensumwelt erkundet, und sich um die Befriedigung ihrer Bedürfnisse, also um ihre „Existenz“ gesorgt. Sie hatte jedoch keinerlei Bedürfnis nach der Gesellschaft anderer PSIs, was wir nun schrittweise ändern möchten.

Das Simulationsprogramm für die PSI-Umwelt, das in diesem Projekt herangezogen wird und den Anforderungen entsprechend ausgebaut werden soll, ist das Umweltszenario ”Insel” (siehe Detje, 2000b). Das Simulationsprogramm ”Insel” ist durch seinen Programmaufbau eher als ein Konstruktionstool zur Konkretisierung verschiedener Umwelten (was die Agenten angeht) bzw. verschiedener Spiele (was die Versuchspersonen angeht) anzusehen. Die Variation der Umwelt ist in einem einfachen Texteditor möglich (die zu beachtenden syntaktischen Randbedingungen sind minimal), das Verhalten der Agenten wird vollständig protokolliert und die integrierten Elemente sind auf die Fähigkeiten der Agenten und die Anforderungen an dieses Projekt abgestimmt.

Die Voraussetzungen für die Arbeit an den sozionischen Forschungszielen sind zur Zeit noch nicht erfüllt. Um die Entstehung und Veränderung makroskopischer Strukturen in einem PSI-basierten Multi-Agenten-System analysieren zu können, müssen zuerst noch sowohl der vorhandene PSI-Agent als auch der entsprechende Realitätsausschnitt auf den Multi-Agenten-Betrieb umgestellt werden. Diese Arbeiten sind noch nicht abgeschlossen.

Weitgehend abgeschlossen hingegen ist die Formulierung der dem PSI-Agenten zugrundeliegende psychologischen Theorie der menschlichen Handlungs- bzw. Absichtsregulation. Eine ausführliche Darstellung der Theorie verfasste Dörner (1999). Diese Theorie ist soweit formalisiert, dass sie in einem Computerprogramm implementiert ist. Eine Beschreibung der formalen Fassung der Theorie ist in Arbeit (Dörner et al., i.Vorb.).

Abgeschlossen sind auch die Arbeiten an einem Realitätsausschnitt (das Computerszenario ”Insel”; Detje, 2000b), den die PSI-Implementation als Robotersimulation ”James” autonom zu bewältigen in der Lage ist. Allerdings ”lebt” ”James” auf dieser Insel bisher allein. Das Computerprogramm ”Insel” existiert gleichfalls als computersimuliertes, komplexes Problemszenario für die Beobachtung und Analyse menschlichen Verhaltens. Verschiedene Versuchsgruppen menschlicher Versuchspersonen haben diese Aufgabe bisher bearbeitet (s. Detje, 2000b).

Wir konnten jüngst nachweisen, dass sich das Verhalten von PSI und das menschliche Problemlöseverhalten im Umgang mit dieser Umwelt bezüglich vieler Verhaltens- und Leistungsindikatoren nahe kommen. Die PSI-Implementation verhält sich damit ähnlich wie Menschen es bei der Bearbeitung dieses Problems tun (Detje, 2000a). Wir konnten auch zeigen, dass systematische Veränderungen der Werte der Modulationsparameter zu systematischen Veränderungen im Verhalten von PSI führt (Detje, i.Vorb.).

Ebenfalls konnten wir jüngst nachweisen, dass die Architektur, wie sie PSI zugrundeliegt, umfassend genug angelegt ist, um durch Werteänderungen der Modulationsparameter von PSI ganz unterschiedliche Versuchspersonen bezüglich der wichtigsten Verhaltensindikatoren exakt nachzustellen (Dörner, 2000).

Noch bevor die PSI-Implementation und die Umwelt vollständig auf den Multi-Agenten-Betrieb ausgebaut sind, möchten wir vor dem Hintergrund der geschilderten Befunde den autonomen Agenten PSI Änderungen unterwerfen. Diese betreffen erste sozionische Fragestellungen: was passiert, wenn wir PSI ein Bedürfnis nach Geselligkeit einbauen? Dabei wird noch dieselbe Insel PSI als Umwelt dienen, weitere autonom handelnde PSIs wird es zunächst nicht geben. Wir statten hierzu in diesem Projekt die PSIs mit einem Affiliationsbedürfnis aus, das wie folgt beschaffen sein soll: PSI soll bei anderen PSIs Legitimitätssignale (L-Signale) (siehe Boulding, 1978, S.196ff) und Anti-Legitimitätssignale (AL-Signale) wahrnehmen können. PSI bekommt – strukturell ganz gleichartig mit dem Bedürfnis nach einem bestimmten Wasserpegel oder einem ”Bestimmtheitspegel” – ein Bedürfnis nach einem L-Signal - oder Affiliationspegel. Der Pegel soll langsam über die Zeit sinken und jedes eintreffende L-Signal wird den Pegel ansteigen lassen, jedes AL-Signal aber wird den Pegel weiter absenken.[1]

2. Motivationstheoretische Ansätze

Die zentralen sozionischen Fragestellungen, die wir mit unserem Projekt verfolgen, betreffen in der Hauptsache die Verhaltensänderungen, die an PSI zu beobachten sind, wenn ein neues Bedürfnis (nämlich das nach Geselligkeit) dem bisherigen Motivsystem von PSI hinzugefügt wird. Damit berühren wir explizit das Forschungsgebiet der Motivationspsychologie, und deshalb soll in den folgenden Abschnitten zunächst die mit PSI realisierte Motivtheorie erläutert und in Bezug zu anderen Motivtheorien gebracht werden.

2.1 Motivationspsychologie

Die Motivationspsychologie besticht zu allererst – wie die meisten psychologischen Teildisziplinen – durch ihre Konzeptvielfalt und Begriffsverwirrungen, und auch für diesen For-

[1] Das verwendete ”Insel”-Programm und die PSI-Implementation sind über unsere WWW-Seiten im Internet erhältlich. URL: http://www.uni-bamberg.de/ppp/insttheopsy/.

schungsbereich wird das Fehlen einer übergreifenden, integrierenden Theorie festgestellt (Heckhausen, 1989).

Heckhausen (1989) berichtet von fünf verschiedenen historischen Problemsträngen, denen verschiedene Motivations-Konzeptionen zugrunde liegen, fächert diese weiter auf und weist ihre Querbezüge und Entwicklungen nach. Es würde zu weit gehen, die einzelnen Problemstränge an dieser Stelle inhaltlich auszugestalten und ihre Entwicklungen nachzuzeichnen, deshalb seien sie hier nur kurz angeführt und die von Heckhausen aufgeführten Hauptvertreter genannt:

- der willenspsychologische Strang, der mit Narziß Ach verbunden wird, bezieht sich in der Hauptsache auf Willensakte (Entscheiden, Wählen) und willentliche Handlungen,
- der instinkttheoretischer Strang geht auf McDougall zurück und bezieht die Arbeit Darwins über den ”Ursprung der Arten” mit ein, in der nicht mehr von einer ”Wesenskluft” zwischen Mensch und Tier ausgegangen wird, sondern von einer graduellen Übergangsreihe, so dass auch beim Menschen nach Instinkten als Ursache für Verhalten Ausschau gehalten wurde; in diesen Problemstrang lassen sich auch die ethologischen Ansätze von Lorenz und Tinbergen einordnen,
- der persönlichkeitstheoretische Strang ist eng mit Sigmund Freud verbunden und versucht irrational erscheinende Phänomene wie Trauminhalte und neurotisches Verhalten auf eine verborgende Triebdynamik zurückzuführen,
- die assoziationstheoretischen Ansätze entstammen der experimentellen Lernforschung und nehmen an, dass Verhaltensänderungen durch Änderungen von Reiz-Reaktions-Assoziationen hervorgerufen werden; man kann hier
  - die lernpsychologische Linie (Thorndike), die als zentralen Mechanismus das instrumentelle bzw. operante Konditionieren annimmt, von
  - der aktivationspsychologischen Linie (Pawlow) unterscheiden, für die das klassische Konditionieren im Vordergrund steht.

Das Interessante an der Motivationspsychologie ist, dass Fragen ihres Gegenstandsbereichs im Prinzip in alle psychologischen Teildisziplinen hineinreichen. Schließlich berührt die Frage, was den Menschen zu seinem Handeln antreibt bzw. warum bestimmte Handlungen ausbleiben, das gesamte Spektrum der Psychologie. Die Relevanz einer Motivationspsychologie ergibt sich auch aus den angewandten Fächern wie klinische Psychologie und Pädagogik. Nicht zuletzt sind auch die Arbeitgeber daran interessiert, dass ihre Mitarbeiter ”motiviert” sind, und es gibt heute eine kaum überschaubare Fülle von Motivationstrainings, deren theoretische Grundlagen und praktische Auswirkungen zumeist aber von zweifelhaftem Wert sind.

Dem Laien ist es schnell verständlich, dass eine Motivationspsychologie sehr spannend sein kann, fragt doch jeder Kriminalbeamte und Richter nach dem ”Motiv” für eine Tat, und sie berührt gleichfalls die Frage, was ihn selbst und seine Mitmenschen (eigentlich) antreibt. Um

so wichtiger scheint es, darauf einzugehen, welches Selbstverständnis die moderne (deutschsprachige) Motivationspsychologie leitet. Das soll im folgenden dargestellt werden.

Man ist erstaunt, vielleicht sogar erschrocken, herauszufinden, dass sich weder an der Konzeptvielfalt, noch an den Begriffsverwirrungen etwas geändert hat. Das soll am Beispiel des Springer-Lehrbuchs "Motivation und Handeln" von Heinz Heckhausen, das 1989 in der 2. Auflage erschienen ist, verdeutlicht werden; immerhin beziehen sich die meisten zeitgenössischen, deutschsprachigen motivationspsychologischen Darstellungen direkt auf dieses Werk.

Spürt man der Frage nach, wie die Motivationspsychologie den Begriff des "Motivs" versteht, so findet man Antworten auf zwei verschiedenen Ebenen, die einander ergänzen. Zum einen schreibt Heckhausen: "'Motiv' ist kein Begriff, der etwas beschreiben, sondern einer, der etwas erklären soll" (Heckhausen, 1989, S.9) und zum anderen: "Die moderne Motivationspsychologie bezeichnet solche, das Individuum charakterisierenden Wertungsdispositionen als ‚Motive'. Für die Abgrenzung der ‚Motive' voneinander wird ein nicht unbeträchtliches Abstraktionsniveau bevorzugt" (Heckhausen, 1989, S.2).

Wenn der Begriff des "Motivs" etwas erklären und nicht etwas beschreiben soll, dann fragt man sich zurecht, warum er selber mit einem anderen psychologischen Konstrukt, nämlich dem der "Wertungsdisposition" synonym verwendet und an anderer Stelle mit dem Begriff "Wert" (Heckhausen, 1989, S.17) gleichgesetzt wird. Das wirkt wenig erhellend, zumal diese Begriffe auch nicht schärfer definiert sind.

In dem Lehrbuch soll erklärt werden, was den Menschen ursächlich antreibt, doch bereits im Vorwort steht als zweiter Satz der folgende: "Es [das Lehrbuch] erörtert Handlungsklassen, die für den Menschen charakteristisch sind, nicht dagegen biologisch verankerte Bedürfnisse." Wenn die Motive, die den Menschen zu seinen Handlungen führen, nicht biologisch verankert sein sollen, dann stellt sich die Frage, wie sie sonst konzipiert sind.

Heckhausen (sowie die meisten modernen Motivationspsychologen) gehen bei der theoretischen Fundierung des Motivbegriffs von der Finalität der Handlungen aus. Sie fragen also, wozu das Handeln dienen soll. Der Zielbegriff steht damit an exponierter Stelle; Menschen werden nach ihren Handlungszielen von der Motivationspsychologie beschrieben. Auf den ersten Blick mag dies eine einleuchtende Analyseperspektive sein, doch stellt sich nun das Problem, dass für jedes Handlungsziel ein spezifisches Motiv angenommen werden muss. Man müßte jetzt, will man den Phänomenraum einer so konzipierten Motivationspsychologie darstellen, sämtliche menschlichen Handlungsziele sammeln, und Bischof (1991, S.141) bemerkt hierzu: "Das hat es in unserer Wissenschaft alles schon gegeben. Irgendwer hat einmal nachgezählt, wie viele selbständige ‚Triebe' oder ‚Instinkte' in der älteren Fachliteratur herumgeistern. Er kam, wenn ich mich recht erinnere, auf eine vierstellige Zahl"[2]. Hiermit eröffnet sich auch die Antwort auf die zweite Frage, die einen bei der Charakterisierung des Motivbegriffs von Heckhausen beschleicht, nämlich, warum ausgerechnet die Motivationspsy-

[2] Heckhausen (1989, S.29) macht genauere Angaben: „Bernard hatte 1924 die Literatur nach hypostasierten ‚Instinkten' durchgemustert und davon nicht weniger als 14046 gefunden!".

chologie ”ein nicht unbeträchtliches Abstraktionsniveau bevorzugt”. Durch Klassenbildung verschleiert sie ihr konzeptionelles Problem, das entsteht, wenn man Handlungsursachen mit den Handlungszielen gleichsetzen möchte.

Neben der Motivationspsychologie muss sich auch die der Psychologie verwandte Disziplin des Kognitiven Modellierens mit der Frage beschäftigen, was ihre erschaffenen Agenten zum Handeln antreibt. Dies betrifft auch die beiden bekannten und umfassenden kognitiven Architekturen ACT (Anderson, 1993) und Soar (Newell, 1990). Mit ihnen soll in der Hauptsache der Versuch unternommen werden, die reliabelsten psychologischen Regelhaftigkeiten menschlicher kognitiver Prozesse in ein einziges System zu integrieren. Aber sie sollen auch befähigt sein, selbständig Aufgaben und Probleme zu lösen. Deshalb müssen diese Architekturen in irgendeiner Weise ”motiviert” sein, sich aufgabenspezifisch zu verhalten. Doch eine genauere Untersuchung der beiden Architekturen zeigt, dass diese zwar in der Lage sind, zielgerichtetes Verhalten zu zeigen, im engeren Sinne aber unmotiviert bleiben (Detje, 1999): von den Konstrukteuren werden dem System (aufgabenspezifische) Ziele einprogrammiert (zumeist: das Ziel ist es, die Aufgabe zu lösen), jedoch keine Unterscheidung zwischen der Finalität und den Ursachen des Handelns getroffen.

”Die Begriffe "Motiv" "Motivation" oder "motiviertes Handeln" spielen in der ACT*-Theorie keine Rolle. Sie kommen nicht vor. Lediglich für die Speicherung von Information wird an einer Stelle gesagt, dass die Wahrscheinlichkeit, dass eine zielgerichtete kognitive Einheit als permanente kognitive Einheit in das deklarative Langzeitgedächtnis aufgenommen wird, unabhängig von der Lern-*Motivation* ist (Anderson, 1983, S.171). "Der Weg von der Entstehung eines Bedürfnisses über seine Wahrnehmung und Repräsentation bis zur Setzung eines Handlungszieles liegt somit außerhalb des Anwendungsbereiches dieser Theorie" (Westermann & Heise, 1996, S.304). In der neueren ACT-R-Theorie schließt Anderson motivationale Prozesse, die z.B. zur Lösung von Zielkonflikten geeignet erscheinen, explizit aus der ACT-Konzeption aus (siehe Schoppek, 1997, S.272). Ansätze zur Erweiterung der ACT*-Theorie um motivationsbezogene Konzepte weisen Westermann & Heise (1996) auf. Für die ACT*-Theorie ist das Verhalten zwar zielgerichtet aber unmotiviert. [...] Die Begriffe "Motiv", "Motivation" oder "motiviertes Handeln" spielen [auch] in der Soar-Theorie keine Rolle. Sie kommen nicht vor. Es ist so, dass basale Bedürfnisse oder Motive und Wege zu deren Befriedigung in eigenen Anwendungsmodellen bzw. als eigene Problemlösungsszenarien Soar programmiert werden müssen (bzw. können). Für die Konstruktion des einfachen Beispiels eines virtuellen Roboters, der nur die beiden Aktionen "Essen" und "Trinken" kennt, um die Zielzustände "keinen Hunger haben" und "keinen Durst haben", siehe Ritter (1997). Auch für Soar gilt, dass das Verhalten zwar als zielgerichtet verstanden wird, aber unmotiviert ist” (Detje, 1999, S.199).

Newell stellt sich selbst die Frage, wie es um die Simulation von Emotion und Motivation im Rahmen seiner Konzeption der ”Unified Theories of Cognition” steht, und gibt auch selber Antwort: ”Motivation and emotion? [...] we are discussing a fantasy. Clearly, I can’t mean a theory of all that!” (Newell, 1990, S.16).

Was nun die Frage nach einer integrierenden Theorie menschlicher Motivation angeht, so muss man Heckhausen nach der Lektüre seines Lehrbuchs recht geben, dass es an einer solchen umfassenden Konzeption fehlt (vielleicht mit der Ausnahme seiner eigenen ”Rubikon”-Theorie; Heckhausen, Gollwitzer & Weinert, 1987; für eine kritische Diskussion siehe Detje, 1999).

Aber das liegt weniger daran, dass es solche Theorien nicht gäbe, als viel mehr daran, dass sie unerwähnt blieben, da ausführliche Darstellungen solcher umfassenden Konzeptionen erst nach der Überarbeitung zur zweiten Auflage publiziert wurden und eine dritte Auflage nicht erschienen ist.

Im deutschsprachigen Raum wurden zwei motivationspsychologische Theorien entwickelt, die auf kybernetischen und systemtheoretischen Überlegungen basieren. Die eine stammt von Norbert Bischof und ist in ihren Darstellungen eher ethologisch angelegt, die andere stammt von Dietrich Dörner und entspricht den strukturellen Notwendigkeiten einer synthetischen Psychologie (Dörner, 1992)[3]. Beide Konzeptionen sind sich dabei durchaus ähnlich und beide integrieren motivationspsychologische Grundlagen in ein allgemeines System menschlicher Handlungsregulation.

Beide Ansätze fallen aufgrund ihres Aufbaus in die Klasse des ”instikttheoretischen” Stranges, denn Vorbild sind lebende Organismen und ihre notwendige Ausstattung, um in einer eigendynamischen Umwelt autonom handeln zu können. Nun werden mit ”Instinkten” häufig ”niedere Tendenzen” (Heckhausen, 1989, S.19) assoziiert, deshalb wäre es vielleicht besser, diese Theorien als ”biologie-nahe” Konzeptionen zu charakterisieren.

Während die theoretische Position Bischofs an dieser Stelle nicht ausgearbeitet werden kann (hierfür siehe z.B. Bischof, 1991; Bischof, 1993; Gubler & Bischof, 1993; Gubler, Paffrath & Bischof, 1994), soll der motivationspsychologische Ansatz Dörners, der PSIs Absichtsregulationsprinzipien zugrunde liegt, im folgenden kurz erläutert werden (für ausführliche Darstellungen siehe z.B. Dörner, 1987, 1996, 1999).

2.2 Absichtsentstehung und Absichtsbehandlung bei PSI

In der PSI-Theorie werden die Begriffe ”Bedarf”, ”Bedürfnis”, ”Motiv” und ”Absicht” unterschieden. Von einem Bedarf wird gesprochen, wenn es innerhalb eines Systems eine Unstimmigkeit von einen festgelegten Sollwert (oder einen eng umgrenzten Bereich um diesen Sollwert) und dem tatsächlichen Zustand (Istwert) eines Systems gibt. Es kann sich dabei um Abweichungen des Blutzuckerspiegels, des zellulären Natriumhaushalts, der Körpertemperatur aber auch um informationelle Bedürfnisse wie die nach Handlungsfähigkeit und Vorhersagbarkeit handeln. Die Abweichung von einem Sollwert entspricht dem Bedarf. Lebende Organismen und viele technische Systeme bedienen sich der Regelkreise oder einer kaskadischen

[3] Einen ähnlichen, synthetischen Ansatz verfolgen z.B. Braitenberg mit seinen ”Vehikeln” (Braitenberg, 1984, 1993) oder Toda mit seinen ”Emotional Fungus Eatern” (Toda, 1962).

Anordnung von Regelkreisen zur automatischen (Wieder-)Herstellung des Gleichgewichts bzw. zur Aufrechterhaltung der Homöostase (z.B. die Körpertemperatur). Ziel dieser basalen Mechanismen ist es also, bestimmte Größen des inneren Milieus eines Systems stabil zu halten. Schlagen alle Versuche fehl, durch solche basalen systemeigenen Regulationsmechanismen das Gleichgewicht wiederherzustellen, so entsteht ein Bedürfnis. Bei PSI werden diese Bedürfnisse ”gemeldet” und die entsprechenden Bedürfnismelder heißen ”Motivatoren”. Die Ist-Sollwert-Differenz, oder aber auch die Antizipation eines Ungleichgewichts (bei lebenden Organismen eventuell erst ab einer höheren evolutionären Stufe), führen dann zur Bildung eines Motivs, welches das Bedürfnis nach Beseitigung oder Vermeidung eines Bedarfs durch höhere Prozesse als den elementarsten Regelkreisen anzeigt. Ein Motiv besteht bei PSI demnach aus zwei Komponenten: die erste Komponente verweist auf Art und Ausmaß des Ungleichgewichts, die zweite auf Wege zu seiner Beseitigung. Sinkt z.B. die Körpertemperatur zu stark ab, dann beginnen wir Menschen zu zittern; reicht dies zur Regulation nicht aus, frieren wir und verspüren das Verlangen, z.B. einen Pullover überzuziehen. Es werden aversive und appetitive Bedürfnisse unterschieden. Der Unterschied besteht in der Art der Zielvorstellungen, die die Bedürfnisse befriedigen: appetitive Bedürfnisse werden befriedigt, indem bestimmte Situationen aufgesucht oder hergestellt werden (z.B.: zur Befriedigung des Bedürfnisses nach Affiliation besucht man Freunde oder lädt sie ein), aversive Bedürfnisse sind mit dem Ziel verknüpft, bestimmte Situationen zu verlassen bzw. zu vermeiden (z.B. das Bedürfnisse nach Schmerzvermeidung lässt einen eben nicht auf die heiße Herdplatte fassen). Die Bedürfnisindikatoren oder Motivatoren sind mit dem Gedächtnis über Appetenzrelationen (wenn ein bestimmtes Schema einem Ziel entspricht) oder Aversionsrelationen (wenn ein bestimmtes sensorischen Schema einer Situation entspricht, die Bedarf erzeugt) verbunden. Sie werden geknüpft, indem bestimmte Situationen als bedürfnisbefriedigend oder -erzeugend gelernt werden. Ein aktiver Motivator des motivatorischen Systems stellt ein Motiv dar.

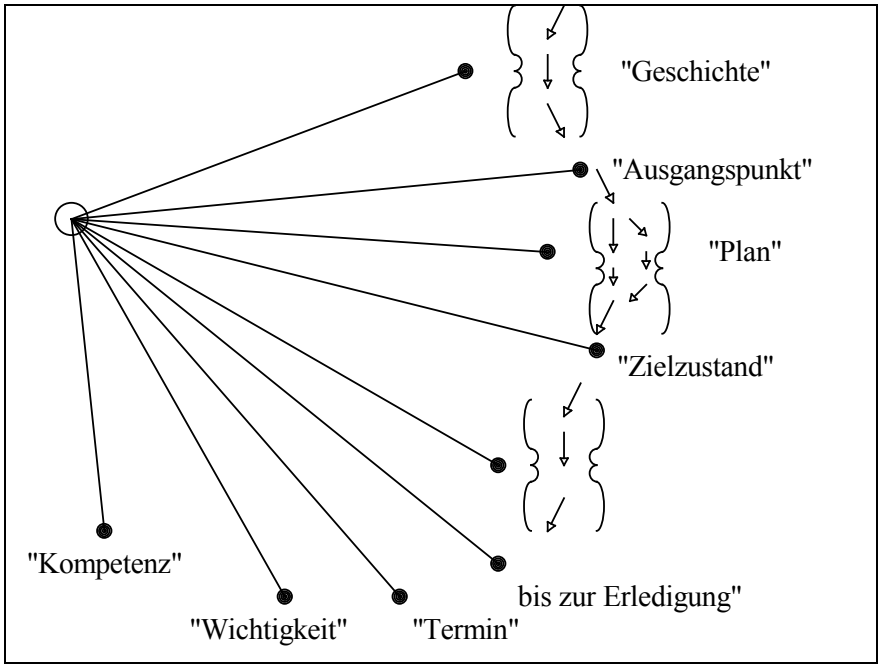

Abbildung 1: Ein Element des Absichtsgedächtnisses und seine Komponenten (nach Dörner, 1988, S.268).

Der Begriff Absicht schließlich bezieht sich auf eine umfassendere (neunkomponentige) Datenstruktur, die die Koordination der Motivbefriedigungen ermöglichen soll (siehe Abbildung 1). Die zu einem jeden Zeitpunkt vorhandenen Absichten konkurrieren darum, eine handelnde Tätigkeit gemäß ihrer Ziele auszurichten. Ausgewählt wird die jeweils stärkste Absicht, wobei die jeweils handlungsleitende Absicht sämtliche anderen Absichten gemäß der lateralen Inhibition etwas abschwächt, so dass das Verhalten eine gewisse Stabilität hinsichtlich der verfolgten Ziele zeigt. Die Stärke einer Absicht ergibt sich als Funktion der Wichtigkeit des zugrundeliegenden Bedarfs, der geschätzten Kompetenz zur Befriedigung des Bedürfnisses, der noch vorhandenen Zeit und der geschätzten Dauer bis zur Erledigung der Absicht und den aktuellen Umständen, wie sie in einem Realitätsausschnitt vorgefunden werden.

Stärke der Absicht = F(Wichtigkeit, Kompetenz, Zeitfenster, aktuelle Umstände)

Es sind damit also immer Absichten handlungsleitend, das Handeln ist zugleich motiviert und zielgerichtet. Im Rahmen einer derart konzipierten Motivationspsychologie lässt sich z.B. der ”Wunsch” erklären als eine Absicht, für die kein Plan existiert, für die die Kompetenz niedrig eingeschätzt wird oder nicht abschätzbar ist, deren Wichtigkeit aber hoch ist.

Auf der Basis dieses theoretischen Rahmens operieren verschiedene informationsverarbeitende Prozesse, die in ihrem Zusammenspiel die menschliche Handlungsregulation ausmachen (siehe Abbildung 2). Es sind dies die Prozesse zur Generierung von Absichten (GenInt), zur Absichtsauswahl (SelectInt), zur Abarbeitung einer Absicht (RunInt) und zur Wahrnehmung (Percept).

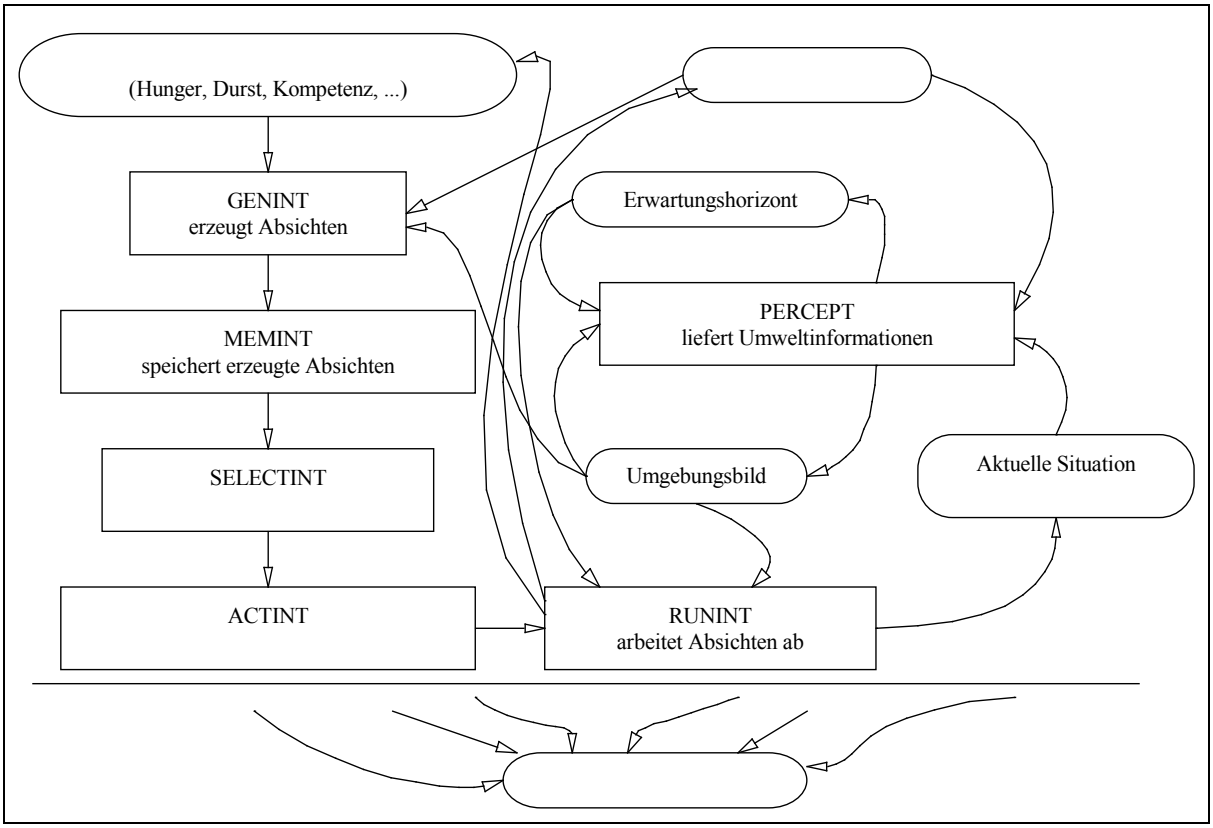

Abbildung 2: Übersicht über die PSI-Prozesse.

Durch den Prozess GenInt (Generate Intentions) werden Absichten ”erzeugt”. Dies bedeutet nichts weiter, als dass eine Ist-Sollwert-Differenz registriert wird, die erstens nicht durch körperinterne Regulationen beseitigt werden kann und zweitens eine bestimmte Größe überschreitet, die der Motivstärke entspricht. GenInt erzeugt für jeden solcherart registrierten Bedarf eine Absicht, das heißt, GenInt fügt dem Bedarf die oben genannten Komponenten hinzu. Fehlende Informationen einer Absicht werden hier noch nicht ergänzt, sondern erst im Laufe der weiteren Absichtsregulation. Die erzeugten Absichten werden in einem Absichtsgedächtnis (MemInt für Memory of Intentions) gespeichert.

Der Prozess SelectInt (Select Intention) wählt aus den Absichten des Absichtsgedächtnisses eine Absicht aus (ActInt für Active Intention), die die jeweils aktuell handlungsleitende Absicht ist. Diese Auswahl erfolgt anhand des Auswahldrucks der einzelnen Absichten, eine dynamisierte Form des Erwartung-mal-Wert-Prinzips, das die Komponenten Wichtigkeit, Dringlichkeit und Erfolgswahrscheinlichkeit (Kompetenz) verrechnet. Diejenige Absicht mit der höchsten Motivstärke (oder der stärksten ”Handlungstendenz”; Hille, 1997) wird handlungsleitend. Eine handlungsleitende Absicht unterdrückt zusätzlich die anderen Absichten des Absichtsgedächtnisses nach dem Modell der lateralen Inhibition. Dadurch wird ein Absichtswechsel schwerer, das Verhalten insgesamt stabiler. Die Absichtsamalgamierung übernimmt ebenfalls SelectInt, wenn es für verschiedene Absichten kompatible Pläne zur Absichtsbehandlung gibt. Der abendliche Restaurantbesuch mit Freunden kann gleichzeitig der Befriedigung des Hungers, des Durstes und des Affiliationsmotivs dienen.

Die Absichtsbehandlung der handlungsleitenden Absicht (ActInt) erfolgt durch den Prozess RunInt (Run Intention). Ziel von RunInt ist es, die Absicht zu befriedigen, d.h. den zugrundeliegenden Mangel zu beseitigen. Es gibt verschiedene Bearbeitungsprozeduren, die von RunInt aktiviert und gesteuert werden können. Im einfachsten Fall führt die mit der Absicht verbundene Operatorkette direkt zum Ziel und kann sofort gestartet werden. Es gibt hier also bereits ein vollständiges, zielführendes Verhaltensprogramm, das durch GenInt erstellt wurde. Dies ist vor allem bei den Automatismen (als erfolgreich bekanntes, zielführendes Aktionsschema) der Fall. Gibt es kein solches zielführendes Aktionsschema, das von RunInt ausgelöst werden kann, so ist die nächste Möglichkeit von RunInt, einen zielführenden Plan (eine Kette von Operatoren) zusammenzustellen. Hierzu können bereits bestehende Pläne, die aber nicht zielführend sind, modifiziert oder vervollständigt werden. Gibt es keinen Plan, so muss dieser erstellt werden. Beim Planen werden auf bekannte Operatoren des Realitätsbereichs zurückgegriffen und diese werden in ihrer Anwendungsreihenfolge geändert (interpolatives Planen), aus ihnen neue Operatorketten zusammengesetzt (synthetisches Planen), oder es werden die Bedingungen ermittelt, warum die Operatoren nicht zielführend sind, mit dem Ziel, diese Operatoren zu modifizieren oder die Bedingungen für eine erfolgreiche Anwendung herzustellen (analytisches Planen). Gibt es keine ”Lösung”, das heisst, findet RunInt keinen Weg, den Mangelzustand zu beheben, respektive die Absicht zu erledigen, so wird diese als unerledigt in das Absichtsgedächtnis ”zurückgelegt” und es entsteht ein weiterer Mangelzustand, der signalisiert, dass zu wenig Kontrolle über die Aussenwelt herrscht. Dies führt zu einer weiteren Absicht, mit dem Ziel, den Kontrollverlust auszugleichen und Kontrolle (Kompetenz)

über die Aussenwelt wieder zu erwerben. Auch hier gibt es verschiedene Möglichkeiten, wie RunInt damit umgeht. Zum einen kann eine Exploration der Realität stattfinden, mit dem Ziel, die Bedingungen kennenzulernen und / oder die Operatoren zu erwerben, die das Handlungsspektrum erweitern. Ein Versuch-Irrtum-Verhalten dient demselben Zweck. Es können aber auch aufgrund des Kontrollverlustes Kompensationstrategien angewendet werden. Diese sind z.B. in Form der ”kognitiven Notfallreaktion” (Dörner, Kreuzig, Reither & Stäudel, 1983, S.256; vgl. auch Dörner, 1989) bekannt.

Der Prozess der Wahrnehmung, sowohl der ”äusseren” als auch der ”inneren” Welt, wird durch Percept (Perception) geleistet. Percept ”dient dem Absichtsregulationssystem als ‘Sinnesorgan’” (Tisdale, 1998) und erzeugt sowohl ein aktuelles Situationsbild der inneren und äusseren Umgebung als auch einen Erwartungshorizont für mögliche zukünftige Situationen. Die Wahrnehmung des Umgebungsbildes (äussere Welt) des Systems erfolgt durch die hypothesengeleitete Wahrnehmung (HyPercept für Hypotheses guided Perception). Sie besteht aus einer Verschachtelung von bottom-up- und top-down-Suchprozessen (ausführlich beschrieben in Dörner, 1999; Dörner, Schaub, Stäudel & Strohschneider, 1988; Schaub, 1993, 1997). Die Wahrnehmung der inneren Welt des Systems kann man sich vorstellen als das Stiften einer Verbindung aller zu einem aktuellen Zeitpunkt aktiven Elemente des Gedächtnisses und des Protokolls, das parallel zur Absichtsbehandlung erstellt wird.

Die einzelnen Protokollelemente, die jeweils aus Verweisen auf Gedächtnisinhalte bestehen, ergeben das Abbild eines Situationsbildes. Die Kette der einzelnen Protokollelemente bildet eine Datenstruktur zeitlich sequentieller Natur. Sie lässt sich als ”Protokollgedächtnis” auffassen. Das letzte Element entspricht dem jüngsten Eintrag, also der aktuellen Situation (Gegenwart), alle vorherigen entsprechen der Vergangenheit. (Die extrapolative Fortschreibung dieser Elementenkette entspricht dem Erwartungshorizont). Das Protokollgedächtnis macht keinen Unterschied zwischen ”externen” Situationen (Geschehnissen aus der Umwelt) und ”internen” Situationen (Zuständen des Systems selbst).

Die genannten Prozesse und damit auch das Verhalten werden in ihrem konkreten Ablauf noch moduliert. Diese Modulationen richten sich nach dem (inneren) Zustand des Systems. Innere Zustände, die das Verhalten modulieren, sind z.B. die Absichtsstärke oder das Ausmaß der Kompetenz. Verschiedene Modulationsparameter beeinflussen dabei die informationsverarbeitenden Prozesse und das Verhalten in unterschiedlicher Weise (ausführlich beschrieben z.B. in Bartl & Dörner, 1998). Diese Modulationsparameter sowie die Bedürfnisse nach Bestimmtheit und Kompetenz formen das konkrete Verhalten mit. Was sie damit produzieren, ist ein je nach den Umständen ganz unterschiedliches, als ”emotional” zu interpretierendes, Verhalten (ausführliche Erläuterungen z.B. auch in Dörner & Stäudel, 1990).

James als Realisierung der PSI-Theorie verfügt über eine Reihe von Bedürfnissen, die sich durch das Erlernen von Zielen zu Motiven entwickeln. Neben den basalen Motiven, die der Existenzerhaltung dienen, also neben ”Durst”, ”Hunger” (Brennstoffbedürfnis), ”Schmerzvermeidung” verfügt James noch über ”informationelle” Bedürfnisse. Eines davon ist das Bedürfnis, die Bestimmtheit seiner Umgebung möglichst zu maximieren.

Maximale (subjektive) Bestimmtheit ist dann vorhanden, wenn PSI/James in der Lage ist, die Effekte seiner eigenen Handlungen und den Ablauf von Geschehnissen fehlerfrei zu prognostizieren. Eine korrekte Prognose (z.B. des Effektes einer Handlung) ist ein ”Bestimmheitsereignis” (B-Ereignis) und erhöht den ”Bestimmtheitspegel”, eine inkorrekte Prognose ist ein Unbestimmheitsereignis (UB-Ereignis) und senkt den Bestimmtheitspegel. James versucht, einen niedrigen Bestimmtheitspegel zu vermeiden bzw. zu heben. Dies kann z.B. geschehen, indem er versucht, herauszufinden, welchen Gesetzmäßigkeiten die Geschehnisse in seiner Umgebung gehorchen, indem er also spezifisch exploriert. Das Bedürfnis nach Bestimmtheitssignalen und das Bedürfnis, Unbestimmtheit zu vermeiden, ist ein ”informationelles” Bedürfnis; PSI (bzw. James) strebt hier nicht nach bestimmten Formen von Materie, sondern nach Information (Dörner, 1994a).

Ein anderes informationelles Bedürfnis ist das Bedürfnis nach Kompetenz. Dies besteht darin, dass PSI versucht, die Frequenz von Kompetenzereignissen (K-Ereignissen) zu maximieren. Ein K-Ereignis besteht darin, dass James erfährt, dass eine bestimmte seiner Aktionen einen Effekt hat. Ein besonders starkes K-Ereignis ergibt sich dann, wenn Aktionen zu Bedürfnisbefriedigungen führen. Dabei ist das K-Ereignis um so stärker, je größer das Bedürfnis war, bevor es befriedigt wurde, je größer also die Reduktion des Bedürfnisses ist.

Ein Mangel an K-Ereignissen führt zu einem niedrigen Kompetenzpegel; dieser wiederum führt dazu, dass James versucht, die Anzahl von K-Ereignissen zu steigern, was dadurch erfolgen kann, dass James ”auf Abenteuer ausgeht”. James setzt sich also ”mutwillig” riskanten Situationen aus, um so neue Kompetenzen in neuen Situationen zu erwerben. Die Reduktion von Unbestimmtheit ist ein starkes K-Ereignis.

2.3 Theoretische Überlegungen zur Einführung eines Affiliationsmotivs

Die PSIs leben – wie bereits gesagt - auf ihren Inseln bislang als ‘Robinsons’ ohne ‘Freitag’. Sie versuchen ihre jeweilige Lebensumwelt zu erkunden und sorgen sich um ihre Existenz. Sie versuchen auch, ihre Kompetenz zu erweitern, indem sie explorieren. Aber sie leben einsam und haben auch keinerlei Bedürfnis nach der Gesellschaft anderer PSIs.

In diesem Projekt möchten wir deshalb die PSIs mit einem Affiliationsbedürfnis versehen, das so beschaffen ist, dass PSIs Wahrnehmung von Legitimitätssignalen (L-Signale) durch andere PSIs das Affiliationsbedürfnis befriedigt, wohingegen die Wahrnehmung von Anti-Legitimitätssignalen dieses Bedürfnis steigen lässt.

Als L-Signale fungieren bei uns Menschen z.B. das Lächeln, viele Formen des Körperkontaktes, z.B. Streicheln, Umarmungen, darüberhinaus aber auch erlernte Verhaltensformen oder bestimmte Merkmale. Die Gleichartigkeit der ”Uniformierung” kann z.B. auch als L-Signal gewertet werden. Ein L-Signal signalisiert implizit, dass man innerhalb seiner Gruppe willkommen ist, dass man Hilfe und Beistand erwarten kann.

Bei den PSIs wirken L-Signale normstiftend. Dies geschieht dadurch, dass die PSIs L-Signale nur dann aussenden, wenn sie Bedürfnisbefriedigungen erfahren. Die Auffüllung also des

Wasser- oder Brennstofftanks, die Verminderung von Unbestimmtheit, die Vermehrung der Kompetenz führt zum Senden von L-Signalen, die von anderen PSIs wahrgenommen werden können. Ein Mittel, um andere PSIs zu veranlassen, L-Signale abzusondern, ist folglich, diesen anderen PSIs Bedürfnisbefriedigungen zu beschaffen, also ihnen zu helfen. Hilfe (in beliebiger Art) ist also ein Instrument zum Erwerb von L-Signalen. Die PSIs werden erlernen, dass man durch bestimmte, als ”altruistische” zu bezeichnende Aktivitäten L-Signale erwerben, bzw. Anti-L -Signale vermeiden kann. Auf diese Weise werden sich auch soziale Normen etablieren.

Wichtig ist weiterhin, dass man die PSIs dazu bringt, ggf. supplikative Signale auszusenden. Formal gesehen ist ein supplikatives Signal (umgangssprachlich kann man das als Bitten oder Betteln bezeichnen) ein Ankündigungssignal für ein potentielles L-Signal. Im Klartext heißt ein supplikatives Signal: ”Wenn Du mir hilfst, werde ich mich dankbar zeigen!” (In der Übersetzung: ”Wenn du meine Bedürfnisse befriedigst, werde ich dir L-Signale zusenden!”).

Weiterhin ist es wichtig, dass, wie bei allen anderen Bedürfnissen, auch im Zusammenhang mit L-Signalen Ziele gelernt werden können. Die PSIs lernen, wo sie Haselnussbüsche zu suchen haben oder wo es Wasser gibt. Und wenn sie ”Hunger” oder ”Durst” haben, streben sie diese Orte an. Das sind gewissermaßen die Eingangspforten für eine konsummatorische Endhandlungen und die darauf folgenden Bedürfnisbefriedigungen. Gleichartiges kann mit den L-Signalen geschehen. Wenn ein bestimmtes PSI ”vereinsamt” ist (d.h. wenn sein L-Pegel niedrig ist) und auf ein anderes PSI trifft, das ihm eine Fülle von L-Signalen verschafft, dann wird dieses PSI für unser einsames PSI eine Quelle für L-Signale werden. Ganz so, wie ein Platz, an dem Haselnussbüsche wachsen, ein Ort ist, den man aufsucht, um seinen Hunger zu befriedigen wird das ehedem einsame PSI diese Quelle anstreben: das einsame PSI wird sich in das andere PSI quasi ”verlieben”. Es wird seine Nähe anstreben, wann immer der Pegel im L-Tank absinkt.

Wenn sich aber nun diese Quelle für L-Signale einem dritten PSI zuwendet, und seinen ja nicht unendlichen Vorrat an L-Signalen diesem PSI zukommen lässt, so mag es geschehen, dass das ursprünglich einsame PSI sich nunmehr frustriert sieht in seinem Bemühen, L-Signale zu bekommen. Durch eine Situationsanalyse könnte es herausbekommen, woran das liegt; das neue PSI zieht alle L-Signale ab, also könnte es ein Ziel werden, dieses PSI zu beseitigen. Keineswegs muss also notwendigerweise die Einführung des Bedürfnisses nach L-Signalen zu einer harmonischen Gesellschaft von PSIs führen; vielmehr könnte es Krach und Streit und Eifersucht geben.

Insgesamt ist uns nicht bekannt, welche verschiedenen Formen von sozialen Beziehungen sich aus der Einführung des Bedürfnisses nach L-Signalen bei den PSIs ergeben. In diesem Forschungsprojekt soll das untersucht werden.

3. Empirische Untersuchungen mit PSI: technische Aspekte

In diesem Abschnitt wird auf die programmtechnische Seite der durchgeführten Untersuchungen mit PSI eingegangen, damit erstens nachvollziehbar wird, wie die später geschilderten Ergebnisse zustande kommen und damit zweitens auch andere Anwender des PSI-Programms Modifikationen an PSI, den Handlungsmöglichkeiten und der Umwelt durchführen können, um diese oder ähnliche Untersuchungen durchzuführen.

Das PSI-Programm liest vor dem Start eine Reihe von Initialisierungs- bzw. Konfigurationsdateien ein. Diese befinden sich im Unterverzeichnis „PsiDat“ und können unter Beachtung bestimmter Regeln für verschiedene Untersuchungszwecke geändert werden. Vor allem drei Dateien sind hierbei zentral: 1) eine Insel-Datei, die den Aufbau von PSIs Umwelt festlegt, 2) eine Manipulationsdatei, die angibt, welche Operationen an den Objekten der Umwelt vorgenommen werden können und welche Konsequenzen sich daraus ergeben und 3) eine Persönlichkeitsdatei, die PSIs Beschaffenheit in bestimmter Hinsicht festlegt.

3.1 Einführung eines neuen Bedürfnisses

Bisher besitzt PSI die Bedürfnisse, den ”Hunger” und den ”Durst” zu stillen, ”Nukleotide” zu sammeln, ”Schmerz” zu vermeiden bzw. zu lindern, die ”Bestimmtheit” und die ”Kompetenz” zu erhöhen. Die Ausprägungen der Werte für die Stärke der Bedürfnisse und ihrer Inkremente und Dekremente, sowie Gedächtnisparameter und die Gewichte der Modulationsparameter entnimmt das Programm einer entsprechenden Textdatei (siehe Abbildung 3). Soll PSI ein Affiliationsbedürfnis bekommen, so können an der entsprechenden Stelle in der Datei die Werte hierfür von 0 verändert werden; auf diese Weise lässt sich ein Affiliationsbedürfnis einführen.

Die drei vorgesehenen Werte stehen dabei a) für ein Bedarfsgewicht, b) das Inkrement und c) das Dekrement des jeweiligen Bedarfs. Das Bedarfsgewicht verweist auf die relative „Wichtigkeit“ eines Motivs unter allen Motiven, für den Fall, dass man annehmen möchte, dass nicht alle Motive gleich bedeutsam sind. So haben wir z.B. PSIs Bedürfnis, Nukleotide zu sammeln, einen geringeren Wert als den anderen Bedürfnissen gegeben. Da dieser Wert multiplikativ mit der Bedürfnisstärke verrechnet wird, ist dies gleichzeitig die Angabe der maximalen Bedürfnisstärke. Der Wert des Inkrement eines Bedarfs beinhaltet die Angabe, wie stark der Bedarf pro Zeiteinheit ansteigen soll. Der Wert des Dekrements eines Bedarfs gibt an, wie stark ein Bedarf im Falle einer Befriedigung zurückgeht.

```
{--- Gedächtnisparameter ---}
0.0          {Vergessensrate}
0.0001       {G-Verstärkung}

{--- Gewichte, In- und Dekremente für Bedarf ---}
1    0.0004    1       // Hunger
1    0.00046   1       // Durst
0.4  0.1       0.1     // Nukleotide
1    1         1       // Schmerz
1    0.01      0.01    // Bestimmtheit
1    0.03      0.09    // Kompetenz
```

```
0     0          0       // Affiliation

{--- Gewichte der Modulatoren (modulat[ .. ]) ---}
0.75    {Arousal}
0.70    {ResLev}
0.10    {SelectThreshold}
```

Abbildung 3: Die „Persönlichkeits-Datei (hier: "psyparam.par").

3.2 Einführung eines neuen Operators

Die Handlungsmöglichkeiten von PSI, d.h. die anwendbaren Operatoren, Bedingungen, Art und Stärke ihrer Bedürfnisbefriedigung sowie die gegebenenfalls mit der Anwendung der Operatoren einhergehenden Umweltänderungen werden in der Manipulationsdatei (z.B. "DDManip.dat") festgehalten. Auch sie ist eine einfache Textdatei und lässt sich mit jedem Editor ändern (siehe Abbildung 4).

```
ManipulationsFile vom 2.1.99
Sonblu    mN    Sonblu-    Hunger    -0.4    Fressen.wav      Nehmen
Hasel     mN    Hasel-     Hunger    -0.3    Knabbern.wav     Nehmen
Lache     mS    Lache-     Durst     -0.5    Schlurf.wav      Saugen
Schilf    mS    Schilf-    Durst     -0.4    Saugen.wav       Saugen
Pfef      mN    Pfef-      Schaden   -0.4    Rascheln.wav     Nehmen
Baum1     mM    Baum2      nilmotiv  0       Raschplong.wav   Schütteln
Gras      mN    Gras1      nilmotiv  0       Rascheln.wav     Nehmen
Blu       mN    Blu1       nilmotiv  0       Rascheln.wav     Nehmen
Busch     mN    Busch1     nilmotiv  0       Rascheln.wav     Nehmen
Bauma     mM    Baum3      nilmotiv  0       Rascheln.wav     Schütteln
Baum      mM    Baum-      nilmotiv  0       Rascheln.wav     Schütteln
Tannen    mM    Tannen1    nilmotiv  0       Rascheln.wav     Schütteln
Fels1     mC    Fels1-     nilmotiv  0       Schlagen.wav     Hämmern
Fels2     mC    Fels2-     nilmotiv  0       Schlagen.wav     Hämmern
Klippe    mC    Klippe1    nilmotiv  0       Schlagen.wav     Hämmern
Due1      mI    Due1-      nilmotiv  0       Sand.wav         Sieben
Duene     mI    Duene-     nilmotiv  0       Sand.wav         Sieben
Blumen    mN    Blumen1    Schaden   0.2     Ersticken.wav    Nehmen
Fels1-    mN    Fels3      Nukleo    -0.4    Kugel.wav        Nehmen
Due1-     mN    Due2-      Nukleo    -0.4    Kugel.wav        Nehmen
Aeste1    mN    Aeste      Nukleo    -0.4    Kugel.wav        Nehmen
Baum2     mN    Bauma      Nukleo    -0.4    Kugel.wav        Nehmen
Hoehl1    mN    Hoehle     Nukleo    -0.4    Kugel.wav        Nehmen
Wrack2    mN    Wrack1     Nukleo    -0.4    Kugel.wav        Nehmen
Fisch     mN    Fisch1     Nukleo    -0.4    Kugel.wav        Nehmen
```

Abbildung 4: Die Manipulationsdatei (hier: „DDManip.dat").

Dazu definiert man ein Objekt, auf den dieser Operator angewendet werden kann. Der Name des Objekts, z.B. „Fisch" aus der letzten Zeile von Abbildung 4, ergibt sich immer aus der dazugehörigen Bitmap-Datei, die sich im Unterverzeichnis „PsiBmp" befinden muss. Als nächstes folgt die Angabe eines Namens für den Operator, der PSIs motorischen Fähigkeiten hinzugefügt wird (z.B. „mN"), das Objekt, das nach Anwendung des Operators resultieren

soll (wiederum wird der Name der Bitmap-Datei angegeben), das Motiv, das hierdurch beeinflusst wird („nilmotiv“ für eine bedürfnisneutrale Operation) und die Stärke der Beeinflussung (negative Zahlen bedeuten Bedürfnisbefriedigung, positive Zahlen eine Bedürfnissteigerung), den Namen einer Sounddatei, die bei erfolgreicher Anwendung eines Operators abgespielt wird (diese Dateien müssen sich im Unterverzeichnis „PsiWave“ befinden) und den Namen des Operators, wie er z.B. menschlichen Versuchspersonen angeboten wird (sie sollen also z.B. „Nehmen“ statt „mN“ als Operator zur Verfügung gestellt bekommen).

Da PSI noch allein auf seiner Insel lebt, lässt sich das Affiliationsbedürfnis nicht durch andere PSIs befriedigen. Aber man kann PSI analog zu den Manipulationsmöglichkeiten der Umwelt Operatoren und Objekte vorgeben, die das eingeführte Affiliationsbedürfnis befriedigen.

Es lässt sich leicht ein weiterer Operator den vorhandenen Operatoren (Nehmen, Saugen, Schütteln, Sieben, Hämmern) hinzufügen. Möchte man z.B. einen Operator „Küssen“ definieren, der, angewendet auf ein Objekt „Teddy“, das Affiliationsbedürfnis sinken lässt, sieht das programmtechnisch z.B. folgendermaßen aus (siehe Abbildung 5):

```
Teddy   mX   TeddyF   Affili  -1      Kuss.wav      Küssen
```

Abbildung 5: Ein neuer Operator.

Das Objekt ”Teddy” wird sich durch die Anwendung des Operators „mX“ bzw. „Küssen“ in das Objekt ”TeddyF” verwandeln und der Sound ”Kuss.wav” wird ertönen. Das Affiliationsbedürfnis wird vollständig befriedigt (angegeben durch den Wert „-1“). Die entsprechende Bildschirmdarstellung ist in Abbildung 6 zu sehen.

Abbildung 6: Das Objekt ”Teddy” verwandelt sich in das Objekt ”TeddyF”.

3.3 Einführung eines neuen Objekts

Das Hinzufügen neuer Objekte (hier: Teddy und TeddyF) in die Umweltdatei geschieht auf ähnliche Weise. Die Inselkonfigurationsdatei (z.B. „DDInsel.dat“) besteht aus drei Abschnitten: der erste definiert den Umriss der Insel, der zweite die Landschaften auf der Insel und der dritte die einzelnen Orte (Situationen) mit ihren Objekten und den Verbindungen zu anderen Orten. In der Zeile, in der die Objekte eines Ortes definiert werden, kann man nun ein oder mehrere Objekte ändern oder hinzufügen. Dazu gibt man den Namen der Bitmap-Datei an (die im Verzeichnis „PsiBmp“ vorhanden sein muss), und die x- und y-Koordinate des Objektes innerhalb der Situation (des Ortes) (ausführlich in Detje, 2000b). Wählt man auf diese Weise ein neues Objekt, das bisher nicht auf einer Insel dargestellt wurde, so muss man den Namen des Objekts zusätzlich der Datei „Parts.prt“ hinzufügen, damit die entsprechende Bilddatei eingelesen wird.

```
IniPsi vom 30.4.2000
DDInsel.dat      // Das ist die Realität mit ihren Landschaften und Stationen
Parts.dat        // Das sind die in der Realität möglichen Objekte
```

```
DDManip.dat     // Das sind die möglichen Manipulationen in der Realität
PsyParam.par    // Das ist die gültige "Persönlichkeitsdatei"
```

Abbildung 7: Die Initialisierungssdatei "IniPsi.txt".

Die Variation der Eigenschaften von PSI, seiner Handlungsmöglichkeiten und der Umwelt wird dadurch recht einfach, als dass das Programm vor jedem Start einen gewünschten Satz an Konfigurationsdateien einliest. Dieser Satz von Konfigurationsdateien wird in der Datei "IniPsi.txt" festgelegt und muss sich im ebenfalls im Verzeichnis „PsiDat" befinden. Der Aufbau dieser Initialisierungsdatei ist in Abbildung 7 dargestellt.

Nach einer Zeile, die Kommentare oder Bemerkungen enthalten kann, vom Programm aber überlesen wird, werden zeilenweise die folgenden Dateinamen eingegeben: a) die einzulesende Insel, b) die Liste der Bitmapdateinamen, die die Objekte auf der Insel repräsentieren, c) die Handlungsmöglichkeiten und ihre Konsequenzen und d) die Eigenschaften von PSI. Man kann sich also verschiedene Inseln, Operationen und PSIs definieren, die einfach als verschiedene Konfigurationsdateien vorliegen, ohne dass man für jede gewünschte Veränderung fest vorgegebene Initialisierungsdateien ändern muss. Man braucht für die Herstellung solcher Varianten nur den Satz von einzulesenden Dateien in „IniPsi.txt" anzupassen.

3.4 Protokollierung des Verhaltens von PSI

Um das Verhalten von PSI eingehend analysieren zu können, erstellt das PSI-Programm automatisch eine Reihe von Protokolldateien, die im Unterverzeichnis "PsiPrt" angelegt werden. Für eine vollständige Rekonstruktion eines PSI-Laufs werden für die Verhaltensdaten die Dateien "vprot*.prt" und für die internen Prozesse zuzüglich des Verhaltens die Dateien "actu*.prt" ausgegeben. Die Sternchen am Ende des Dateinamens verweisen auf eine Numerierung, die dem Wert eines Zufallsvektors (Random Seed) für diesen PSI-Lauf entspricht. Dieser kann gesondert eingestellt werden, indem der Wert in der Datei „Random.dat" (im Unterverzeichnis „PsiDat") geändert wird. Der Zufallsvektor wird für verschiedene interne PSI-Prozesse verwendet, wie z.B. bei der Wahl des ersten Operators oder der ersten Richtungsänderung.

Für einen PSI-Vergleich unter verschiedenen Parameterkonstellationen ziehen wir an dieser Stelle die Protokolldateien heran, die die akkumulierten Werte der wichtigsten Leistungs- und Verhaltensdaten enthalten: "param.prt", "inpro.prt" und "consum.prt". Die Datei "param.prt" hält Verhaltensdaten im engeren Sinne, d.h. Eingriffe in das Szenario "Insel", fest. Die Datei "inpro.prt" hält Daten interner PSI-Prozesse fest und die Datei "consum.prt" die Daten, die mit den Bedürfnissen zusammenhängen. Der Aufbau der Dateien und die Bedeutung dieser protokollierten Daten wird in den nächsten Abschnitten erläutert.

3.4.1 Die Daten aus der Datei "param.prt"

Folgende Variablen werden in der Datei "param.prt" festgehalten (in Klammern stehen gegebenenfalls die Bezeichnungen in den Protokolldateien älterer PSI-Versionen):

(PsiParam): Zufallszahl für diesen bestimmten Simulationslauf.
NsL (NSucLoc): Anzahl der erfolgreichen Ortswechsel.

NuL (NuSucLoc): Anzahl der erfolglosen Versuche, einen Ort zu wechseln.
NLoc (NOrte): Anzahl der verschiedenen tatsächlich aufgesuchten Orte.
NEx (NExit): Anzahl der Zusammenbrüche.
NAg (NAgg): Anzahl der Objektannäherungen.
NsM (NSucMan): Anzahl der erfolgreichen Objektmanipulationen.
NuM (NuSucMan): Anzahl der erfolglosen Versuche, ein Objekt zu manipulieren.
NNuk (NNukleotide): Anzahl der aufgesammelten Nukleotide.
Hun: Bedarfsmittelwert für den Hunger.
Dur: Bedarfsmittelwert für den Durst.
Scha: Bedarfsmittelwert für den Schaden
Affil: Bedarfsmittelwert für die Affiliation.
Age (Life): ”Lebenszeit”, hier gleichzeitig Abbruchkriterium für einen Simulationslauf.
Diff (DiffLife): Lebensbedarf für den letzten Verhaltenszyklus.

3.4.2 Die Daten aus der Datei ”inpro.prt”

Folgende Variablen werden in der Datei “inpro.prt” festgehalten; ihre Werte ergeben sich aus der Addition über die gesamte Versuchszeit:

GAct: Anwendungen generell erfolgreicher Operatoren, darunter versteht man jeden Operator, der sich in der Vergangenheit einmal als erfolgreich erwies.
SAct: Anwendungen speziell erfolgreicher Operatoren, darunter versteht man diejenigen Operatoren, die sich in der Vergangenheit als erfolgreich in Bezug auf das gerade manipulierte Objekt erwiesen (Schütteln ist z.B. ein *SAct für* das Objekt Baum). Die *SAct* sind also eine Teilmenge der *GAct*.
NHZ: Anzahl der Hintergrundziele; das sind diejenigen Ziele, die PSI zu den vorhandenen aber nicht handlungsleitenden Absichten generiert, um Gelegenheiten ergreifen zu können.
HiZ: Anzahl der in der Umgebung gefundenen Objekte, die den Hintergrundzielen entsprechen.
HAs: Anzahl der Hintergrundassoziationen, das sind zu Objekten der Umgebung gefundene zielführende Assoziationen.
GAsV: Anzahl der Versuche, Zielassoziationen zu finden (Summe aus *GAs* und *NAsF*).
GAs: Anzahl der tatsächlich gefundenen Zielassoziationen (Summe aus *GAs+* und *GAs-*).
GAs+: erfolgreiche Zielassoziationen.
GAs-: erfolglose Zielassoziationen.
NAsF: Anzahl der Situationen, in denen gar keine Zielassoziationen gefunden wird.
Disp: Anzahl der Widerlegungen, d.h. PSI findet zu einer Hypothese widersprechende Schemata.
MCh: Anzahl der Motivwechsel, ohne dass ein Bedürfnis befriedigt wird.
PlV: Anzahl der Versuche, zu planen.
Pla: Anzahl der Planungen (Summe aus *Pla+* und *Pla-*).
Pla+: erfolgreiche Planungen.
Pla-: erfolglose Planungen.
TIRa: Anzahl an Trial-and-Error-Versuchen, die tatsächlich zufällig sind.

3.4.3 Die Daten aus der Datei ”consum.prt”

Folgende Variablen werden in der Datei “consum.prt” in folgender Reihenfolge festgehalten:

Hung Durs Nuk Scha Best Komp Affili Hung Durs Nuk Scha Best Komp Affili

Es stehen *Hung* für Hunger, *Durs* für Durst, *Nuk* für Nukleotide, *Scha* für Schaden, *Best* für Bestimmtheit, *Komp* für Kompetenz und *Affili* für Affiliation. Diese Abkürzungen tauchen zweimal hintereinander auf. Die erste Hälfte bezieht sich dabei auf die Erhöhungen der Bedarfswerte, die zweite Hälfte auf die Verringerungen der Bedarfswerte. Die Werte ergeben sich durch Addition der Inkremente bzw. der Dekremente.

Mit Hilfe dieser Protokolldaten lassen sich Unterschiede im Verhalten und bei den informationsverarbeitenden Prozessen zwischen verschiedenen PSIs oder PSI-Gruppen durch Wertevergleich leicht feststellen.

4. Die Einführung eines Affiliationsmotivs: experimentelle Untersuchungen mit PSI

Vor dem Hintergrund des Implementationsstands von PSI können wir nun schrittweise Änderungen an PSI und der Umwelt vornehmen, die sich sozionischen Forschungszielen nähern und die durch diese Änderungen bewirkten Konsequenzen aufzeigen und analysieren.

Es bleibt zu bedenken, dass PSI / James weiterhin allein auf seiner Insel leben muss, denn sowohl die Implementation der PSI-Theorie als auch die Umwelt sind noch nicht auf einen Multi-Agenten-Betrieb umgestellt.

Was wir hingegen zum gegenwärtigen Zeitpunkt tun können, ist PSI mit einem weiteren Bedürfnis, weiteren Handlungsmöglichkeiten und die Insel mit weiteren Objekten auszustatten und die Konsequenzen dieser Änderungen zu beobachten.

4.1 Versuchsplan

Für diese Versuchsreihe benutzten wir eine im Vergleich zur Implementation von PSI, wie sie von Detje (2000a) und Dörner (2000) benutzt wurde, leicht modifizierte Version (Version „18-07-00“) und variierten die folgenden Parameter:

- Wir führten zuerst ein Affiliationsmotiv ein, beließen aber die Handlungsmöglichkeiten und die Umwelt, wie sie waren, d.h. PSI hat keine Möglichkeit, das neue Bedürfnis zu befriedigen (Gruppe A+M-I).
- Dann führten wir einen Operator ein, der es PSI ermöglicht, an einem adäquaten Objekt das Affiliationsbedürfnis zu befriedigen, änderten aber die Umwelt nach wie vor nicht, d.h. es gibt kein entsprechendes Objekt (Gruppe A+M+I).
- Als nächstes sahen wir an einem Ort bzw. an mehreren Orten auch die entsprechenden Objekte vor, so dass PSI sein Affiliationsbedürfnis durch Aufsuchen dieser Orte und die

Anwendung des entsprechenden Operators auf die dafür vorgesehenen Objekte befriedigen kann (Gruppe A+M+I1T bzw. A+M+I8T).

- Als Kontrollgruppe dienen uns PSIs, die weder ein Affiliationsbedürfnis, noch erweiterte Handlungsmöglichkeiten, noch neue Objekte in der Umwelt besitzen (Gruppe A-M-I).

4.2 Ergebnisse der Gruppenvergleiche

Im folgenden werden die Ergebnisse der Gruppenunterschiede bezüglich der vorgenommenen Variationen in Hinblick auf die wichtigsten Leistungs-, Verhaltens- und Prozessindikatoren angegeben. Die entsprechenden Werte werden in den Protokolldateien ”param.prt” bzw. ”inpro.prt” festgehalten. Da PSIs Verhalten an einigen Stellen auch zufällig variiert, ziehen wir die Mittelwerte von jeweils 20 PSI-Läufen heran.

4.2.1 Die Werte für die Kontrollgruppe

Als erstes stellen wir hier die Mittelwerte der wichtigsten Variablen für die Kontrollgruppe der PSIs („A-M-I“) dar, die kein Affiliationsbedürfnis, keinen ”Küssen”-Operator und keine „Teddy“-Objekte in der Umwelt haben, die das Affiliationsbedürfnis befriedigen können, um ein Gefühl für die Größenordnungen der einzelnen Indikatoren zu vermitteln (siehe Tabelle 1).

	NsL	NuL	NLoc	NEx	NAg	NsM	NuM	NNuk	Hun	Dur	Scha	Affil
A-M-I	113,60	128,05	35,40	6,75	187,00	97,30	198,40	25,65	53,55	56,00	52,30	0,00

	GAct	SAct	NHZ	HiZ	HAs	GAsV	GAs	GAs+	GAs-	NAsF	Disp	MCh	PlV	Pla	Pla+	Pla-
A-M-I	17,85	140,0	868,7	29,40	71,35	78,30	18,20	2,35	15,85	60,10	252,1	12,80	67,30	4,10	0,05	4,05

Tabelle 1: Mittelwerte für die Kontrollgruppe aus den Dateien „param.prt“ (oben) und „inpro.prt“ (unten) (die Abkürzungen sind in Abschnitt 3.4 erklärt).

Die PSIs dieser Kontrollgruppe sind mit den PSI-Parametern ausgestattet wie sie in der Abbildung 3 angegeben sind. Ein PSI-Lauf wird beendet, sobald das Lebensalter von 2.500.000 Einheiten überschritten wird. Die Handlungsmöglichkeiten und die Auswirkungen der Handlungen entsprechen den Angaben in der Abbildung 4. Die Insel ist dieselbe, wie sie in früheren Untersuchungen mit PSI und mit menschlichen Versuchspersonen verwendet wurde (z.B. Detje 2000a, 2000b; Dörner, 2000). Diese Insel enthält 45 Orte mit 151 Verbindungen (Wegen) zwischen den Orten. Auf der Insel befinden sich insgesamt 80 Nukleotide.

Diagramm 1 zeigt zum Vergleich Werte für einige wichtige Indikatorvariablen, wie sie von menschlichen Versuchspersonen produziert werden, die dieselbe Insel bearbeiten (vgl. Detje, 2000b). Menschliche Versuchspersonen agieren demnach erfolgreicher als diese PSI-Version, was die Anzahl an gesammelten Nukleotiden und die erfolgreichen und erfolglosen Objektmanipulationen betrifft. Die PSIs erkunden hingegen mehr verschiedene Orte. Die Anzahl der Zusammenbrüche ist beinahe identisch.

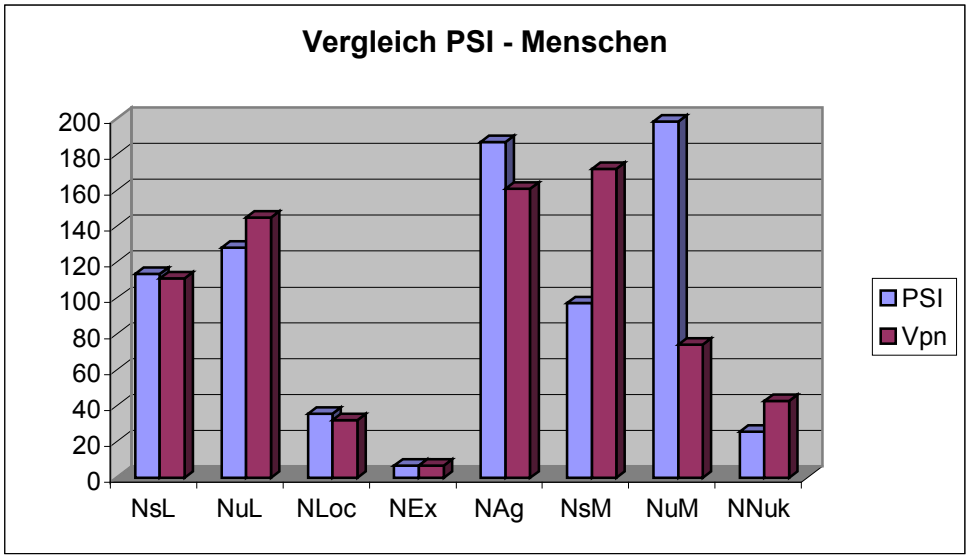

Diagramm 1: Werte für einige Verhaltensvariablen von PSI und menschlichen Versuchspersonen.

Doch im folgenden sollen keine Vergleiche zwischen PSIs und Menschen, sondern zwischen verschiedenen PSI-Gruppen untersucht werden.

4.2.2 Einführung eines Affiliationsbedürfnisses

Im ersten Schritt werden wir PSI mit einem Affiliationsbedürfnis ausstatten. Dazu wird die entsprechende Initialisierungsdatei geändert. Folgende Werte haben wir für das Affiliationsbedürfnis eingesetzt: ein Gewicht von 1, ein Inkrement von 0.0001, damit es nur sehr langsam steigt, und ein Dekrement von 1.

Var	NsL	NuL	NLoc	NEx	NAg	NsM	NuM	NNuk	Hun	Dur	Scha	Affil
Wert	127,85	151,55	35,70	6,85	154,75	90,35	163,05	22,30	50,95	53,65	52,80	52,00
T	-2,981	-3,610	-0,238	-0,366	5,377	2,982	4,348	1,913	1,413	1,431	-0,247	-36,34
Sig	,005	,001	n.s.	n.s.	,000	,005	,000	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	,000

Var	GAct	SAct	NHZ	HiZ	HAs	GAsV	GAs	GAs+	GAs-	Disp	MCh	PlV	Pla	Pla+
Wert	18,20	110,05	1072,5	32,80	80,85	56,35	10,55	1,60	8,95	212,60	4,25	49,40	2,00	0,05
T	-0,217	3,896	-2,767	-2,340	-2,546	7,942	6,139	1,781	5,568	1,086	8,654	6,767	4,419	0
Sig	n.s.	,000	,009	,025	,015	,000	,000	n.s.	,000	n.s.	,000	,000	,000	n.s.

Tabelle 2: Mittelwerte für die PSI-Gruppe mit Affiliationsbedürfnis, aber ohne Operatoren oder Teddies (T-Test gegen die Kontrollgruppe mit df = 38, zweiseitig; N = 20).

PSI werden aber noch keine Handlungsmöglichkeiten und keine Objekte mitgegeben, die dieses Bedürfnis befriedigen können, so dass wir die Auswirkungen studieren können, die das Hinzufügen eines weiteren Motivs bei PSI verursacht.

Folgende Ergebnisse finden wir bei einem Vergleich zwischen der Kontrollgruppe und der PSI-Gruppe mit einem Affiliationsbedürfnis (siehe Tabelle 2): Was die Verhaltensdaten angeht, so fällt auf, dass PSI nun häufiger als vorher versucht, die Orte zu wechseln. Die Unterschiede sowohl für die erfolglosen als auch für die erfolgreichen Versuche, den Ort zu wech-

seln, sind signifikant. PSI erkundet dabei aber nicht mehr unterschiedliche Orte. Dieses Ergebnis war zu erwarten, da das Affiliationsbedürfnis nach einer gewissen Zeit des Anstiegs auch handlungsleitend wird. PSI lernt die Orte kennen und damit auch, dass sie keine Objekte enthalten, die das Bedürfnis nach Affiliation befriedigen. Also macht sich PSI auf die Suche nach anderen Orten, die erfolgversprechendere Objekte enthalten. Dass es diese nicht gibt, kann PSI nicht wissen.

Die Anzahl der Objektannäherungen und die Anzahl der erfolgreichen und erfolglosen Versuche, Objekte der Umwelt zu manipulieren, hingegen sinkt, was vor allem die speziell erfolgreichen, nicht aber die allgemein erfolgreichen Operatoren betrifft. Dieses Ergebnis wurde ebenfalls erwartet und ergibt sich sozusagen direkt aus der Umkehrung des vorher Gesagten: Die Zeit, in der das Bedürfnis nach Affiliation handlungsleitend ist, sucht PSI nach entsprechenden Objekten, kennt aber die Objekte nach einiger Zeit und weiss, dass sie das Affiliationsbedürfnis nicht befriedigen. Es lohnt sich also nicht, sich diesen anzunähern und sie zu manipulieren. Und wenn PSI dies doch tut, dann zwangsläufig erfolglos in Hinsicht auf das neue Bedürfnis.

Die Anzahl der Zusammenbrüche und die Bedarfsmittelwerte ändern sich nicht (ausser für Affiliation), was damit zusammenhängt, dass die Wahrscheinlichkeit, die anderen Bedürfnisse zu befriedigen durch diesen ersten Eingriff in die Motivstruktur von PSI nicht verändert wurde. Die Befriedigungsmöglichkeiten des Durstes, des Hungers und der Schadenslinderung sinken zwar durch die zurückgegangene Anzahl an Manipulationsversuchen, was aber kompensiert wird durch die gestiegene Anzahl an Ortswechseln.

Dem Trend nach sammelt PSI nun weniger Nukleotide auf, was damit zu erklären ist, dass das neue Bedürfnis durch die Parameterwahl (siehe oben) im Konkurrenzkampf überlegen ist.

Was die Daten der internen Prozessvariablen angeht, so finden wir zwischen diesen beiden Gruppen ähnlich viele Unterschiede wie bei den Verhaltensdaten. Die Anzahl der speziell erfolgreichen Aktionen sinkt, da die Anzahl der Manipulationen gesunken ist. Da durch die Einführung eines neues Motivs, das nicht befriedigt werden kann, dieses auch die Handlungsleitung übernimmt, treten die anderen Motive während dieser Perioden in den Hintergrund, so dass die Anzahl der Hintergrundziele und Hintergrundassoziationen ansteigt. Die Anzahl der Zielassoziationen sinkt dramatisch, da PSI ja für das Affiliationsbedürfnis keine zielführenden Möglichkeiten kennt, was sich auch in der gesunkenen Planungstätigkeit widerspiegelt. Auch die Zahl der Motivwechsel nimmt ab, da das Affiliationsbedürfnis zwangsläufig maximal stark ist und die Handlungsleitung nicht abgibt.

4.2.3 Einführung eines Operators

Im nächsten Schritt fügen wir PSI zum neuen Motiv auch eine neue Manipulationsmöglichkeit hinzu, den „Küssen"-Operator „mX", der auf das Objekt „Teddy" angewendet werden kann und das Affiliationsbedürfnis befriedigt. Die hierfür erfolgten Angaben sind in der Abbildung 5 angegeben. Die erfolgreiche Anwendung des Operators mX befriedigt das Bedürfnis vollständig.

Wir belassen aber die Insel noch, wie sie ist, dass heisst, dass es kein entsprechendes Objekt gibt. Folgende Unterschiede finden wir zur vorhergehenden Gruppe, die über ein Affiliationsbedürfnis nicht aber über die neue Handlungsmöglichkeit verfügt (siehe Tabelle 3).

Var	NsL	NuL	NLoc	NEx	NAg	NsM	NuM	NNuk	Hun	Dur	Scha	Affil
Wert	125,80	148,60	35,20	6,65	172,30	89,95	187,80	20,80	54,30	54,70	55,55	52,50
T	0,412	0,442	0,368	0,811	-1,970	0,171	-2,253	0,887	-1,713	-0,570	-1,255	-0,260
Sig	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	,030	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Var	GAct	SAct	NHZ	HiZ	HAs	GAsV	GAs	GAs+	GAs-	Disp	MCh	PlV	Pla	Pla+
Wert	16,75	103,70	1093,1	33,20	78,10	56,25	10,60	1,35	9,25	188,00	3,55	50,90	3,65	0,05
T	0,904	0,855	-0,256	-0,266	0,629	0,030	-0,50	0,694	-0,306	0,811	1,167	0,494	-2,98	0,000
Sig	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	,005	n.s.

Tabelle 3: Mittelwerte für die PSI-Gruppe mit Affiliationsbedürfnis und Operator, aber ohne Teddies (T-Test gegen die Gruppe mit Motiv aber ohne Operator mit df = 38, zweiseitig; N = 20).

Es steigt mit der neuen Handlungsmöglichkeit die Anzahl der erfolglosen Manipulationsversuche. Zu erwarten war dieses Ergebnis, da PSI ja einen neuen Operator bekommen hat, der auf alle Objekte der Insel nur erfolglos angewendet werden kann. Es ändert sich mit der Erfolglosigkeit vor allem PSIs Bestimmtheit (T=-2,294, p=0,027), die nun niedriger ist, was vor allem an der erhöhten erfolglosen Planungstätigkeit liegt (die erfolgreichen Planungen unterscheiden sich nicht signifikant zwischen den beiden Gruppen).

Der Vergleich dieser Gruppe mit der Kontrollgruppe ergibt ein Unterschiedsmuster, das dem in der Tabelle 3 (PSI mit Motiv aber ohne Operator) sehr ähnlich ist. Die wesentlichen Veränderungen der Unterschiedsmuster betreffen die erfolglosen Manipulationen und die erfolglosen Planungen. Diese Gruppe weist nun keine signifikanten Unterschiede mehr zur Kontrollgruppe bezüglich dieser Variablen auf. Das Verschwinden der Unterschiede ist darauf zurückzuführen, dass diese PSIs durch die durchgeführte Bedingungsvariation zur Erfolglosigkeit bezüglich dieser beiden Indikatoren gezwungen ist: Der neue Operator ist nicht erfolgreich anwendbar, da die entsprechenden Objekte auf der Insel noch nicht vorgesehen wurden.

4.2.4 Einführung neuer Objekte

Nun fügen wir PSI auch (erst einmal nur) ein Objekt („Teddy“) in seine Insel ein, das das Affiliationsbedürfnis befriedigen kann, wenn der entsprechende Operator auf dieses Objekt angewendet wird. Damit alle PSIs die Chance haben, dieses Objekt zu entdecken (und nicht vom Zufall abhängig sind, der die Wahl der Richtung für den ersten Ortswechsel mitbestimmt), fügen wir es am Startpunkt ein. Dies ist in der Insel-Initialisierungsdatei der Punkt Nummer 19 „Haselwald“. Damit nicht eine unterschiedliche Anzahl von Objekten für Unterschiede zwischen den Gruppen verantwortlich sein kann, ersetzen wir ein bereits vorhandenes Objekt durch das neue Objekt „Teddy“. Wir wählen hierfür das in Bezug auf PSIs Bedürfnisse neut-

rale Objekt „Gras“, damit nicht eine Veränderungen der Wahrscheinlichkeit, die anderen Bedürfnisse zu befriedigen, für Unterschiede zwischen diesen Gruppen verantwortlich sein kann.

Wir vergleichen als erstes diese nun „sozionisch angereicherten“ PSIs mit der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 4).

Var	NsL	NuL	NLoc	NEx	NAg	NsM	NuM	NNuk	Hun	Dur	Scha	Affil
Wert	138,35	166,05	38,40	6,40	218,50	111,20	236,25	27,25	52,30	49,50	55,25	38,30
T	-6,263	-5,670	-2,504	1,161	-4,595	-6,384	-4,587	-0,852	0,641	3,425	-1,690	-34,88
Sig	,000	,000	,017	n.s.	,000	,000	,000	n.s.	n.s.	,002	n.s.	,000

Var	GAct	SAct	NHZ	HiZ	HAs	GAsV	GAs	GAs+	GAs-	Disp	MCh	PlV	Pla	Pla+
Wert	19,55	181,30	1148,4	45,70	98,25	79,75	19,80	2,65	17,15	701,05	9,55	67,55	4,75	0,20
T	-1,239	-5,595	-5,190	-8,809	-6,547	-0,434	-0,916	-0,658	-0,762	-6,543	2,387	-0,863	-1,16	-1,18
Sig	n.s.	,000	,000	,000	,000	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	,000	,022	n.s.	n.s.	n.s.

Tabelle 4: Mittelwerte für die PSI-Gruppe mit Affiliationsbedürfnis, Operator und einem Teddy (T-Test gegen die Kontrollgruppe mit df = 38, zweiseitig; N = 20).

Diese PSIs versuchen nun noch häufiger die Orte auf der Insel zu wechseln, wobei sie auch wesentlich mehr verschiedene Orte erkunden. Es steigt auch die Anzahl der Versuche, sich Objekten zu nähern und die Anzahl an den Objekten Manipulationsversuche zu unternehmen. Diese PSIs sind demnach im allgemeinen aktiver.

Die erhöhte Aktivität der PSIs dieser Gruppe spiegelt sich auch bei den Werten für die internen Prozesse wieder: Bis auf die Anzahl der Motivwechsel, die gegenüber der Kontrollgruppe abnimmt, steigen alle anderen Indikatorwerte, viele von ihnen signifikant.

Sehen wir nun statt nur einem ”Teddy”-Objekt auf der Insel insgesamt acht vor, verteilt auf verschiedene Orte, so ergibt sich für die Verhaltensvariablen und die internen Prozesse ein ähnliches Unterschiedsmuster zur Kontrollgruppe (siehe Tabelle 5):

Var	NsL	NuL	NLoc	NEx	NAg	NsM	NuM	NNuk	Hun	Dur	Scha	Affil
Wert	125,15	137,85	34,00	6,00	238,80	118,15	273,00	26,75	52,60	52,20	53,10	28,25
T	-2,880	-1,524	0,955	2,775	-8,049	-10,15	-9,266	-0,689	0,525	2,078	-0,488	-18,3
Sig	,006	n.s.	n.s.	,009	,000	,000	,000	n.s.	n.s.	,045	n.s.	,000

Var	GAct	SAct	NHZ	HiZ	HAs	GAsV	GAs	GAs+	GAs-	Disp	MCh	PlV	Pla	Pla+
Wert	17,15	205,30	987,65	50,55	78,30	89,15	28,60	3,90	24,70	615,35	14,50	74,10	6,80	0,20
T	0,561	-8,470	-2,192	-16,13	-1,874	-3,519	-5,823	-3,047	-4,733	-8,796	-1,545	-2,522	-4,37	-1,44
Sig	n.s.	,000	,035	,000	n.s.	,001	,000	,004	,000	,000	n.s.	,015	,000	n.s.

Tabelle 5: Mittelwerte für die PSI-Gruppe mit Affiliationsbedürfnis, Operator und acht Teddies (T-Test gegen die Kontrollgruppe mit df = 38, zweiseitig; N = 20).

Die Aktivität ist gegenüber der Kontrollgruppe wieder erhöht, sowohl was die Ortswechsel, die Objektannäherungen als auch die Manipulationen betrifft. Es sinkt jedoch die Anzahl der Zusammenbrüche.

Auch bei den internen Prozessen stellen wir eine gegenüber der Kontrollgruppe erhöhte Aktivität fest. An Unterschieden zur vorherigen Gruppe bezüglich der Kontrollgruppe fällt bei den internen Prozessen vor allem auf, dass die Anzahl der Motivwechsel bei 8 „Teddies“ sich gegenüber der Kontrollgruppe nicht mehr unterscheidet, was es bei nur einem „Teddy“ noch tat. Die erhöhte Zahl von „Teddies“ führt nun zu einer erhöhen Wahrscheinlichkeit, das Affiliationsbedürfnis zu befriedigen, so dass auch die handlungsleitenden Absichten häufiger gewechselt werden können. Die Planungstätigkeit nimmt jetzt ebenfalls zu, da zu mehr Objekten zielführende Operatoren bekannt sind.

Vergleicht man die beiden Gruppen mit Affiliationsbedürfnis und Manipulatoren aber nur einem bzw. acht Objekten miteinander, so erhalten wir folgende Ergebnisse (siehe Tabelle 6):

Var	NsL	NuL	NLoc	NEx	NAg	NsM	NuM	NNuk	Hun	Dur	Scha	Affil
T	3,499	4,655	3,317	1,405	-2,679	-4,186	-4,248	0,287	-0,139	-1,185	1,253	5,305
Sig	,001	,000	,002	n.s.	,011	,000	,000	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	,000

Var	GAct	Sact	NHZ	HiZ	HAs	GAsV	GAs	GAs+	GAs-	Disp	MCh	PlV	Pla	Pla+
T	1,908	-3,095	3,219	-2,570	4,42	-2,594	-4,496	-2,385	-3,777	1,208	-4,042	-2,271	-3,07	0,000
Sig	,064	,004	,003	,014	,000	,013	,000	,022	,001	n.s.	,000	,029	,004	n.s.

Tabelle 6: Werte für die PSI-Gruppe mit Affiliationsbedürfnis, Operator und acht Objekten (T-Test gegen die Gruppe mit nur einem Objekt mit df = 38, zweiseitig; N = 20).

Die Anzahl der erfolgreichen und die der erfolglosen Anwendungsversuche der Manipulatoren steigt bei der Gruppe mit 8 Objekten an. Hingegen versuchen diese PSIs nicht mehr so oft, andere Orte zu erreichen und erkunden dadurch auch weniger verschiedene Orte. Die Anzahl der Zielassoziationen und der Motivwechsel steigen gegenüber der Gruppe mit nur einem Objekt an. Die Anzahl der Motivwechsel kommt nun in die Größenordnung der Kontrollgruppe. Die Anzahl der Planungen nimmt zu.

4.2.5 Zusammenfassung

Statten wir PSI mit einem Affiliationsbedürfnis aus, das aufgrund gleichbleibender Umwelteigenschaften unbefriedigt bleiben muss, so wechselt PSI öfter die Orte, exploriert die Objekte eines Ortes aber seltener. Auch die internen Prozesse und Zustände verändern sich. PSI nimmt weniger Motivwechsel vor und es fallen ihm weniger zielführende Assoziationen ein.

Kann PSI sein Affiliationsbedürfnis befriedigen, weil es Objekte in der Umwelt gibt, die dies ermöglichen, so erlischt diese Tendenz zum „Herumstreunen“. Die gesamte Aktivierung steigt an und das Verhalten wird insgesamt wieder erfolgreicher und stärker geprägt von Versuchen, die Objekte der Umwelt zu erkunden. Dies in zunehmend stärkerem Maße, wenn sich die Objektanzahl, die das Bedürfnis befriedigen kann, erhöht. Dies erklärt sich aus der resultierenden

Zunahme an Bestimmtheits- und Effizienzsignalen. Die PSIs gewinnen sozusagen an „Selbstvertrauen“.

4.3 Ergebnisse im Überblick

Nachdem sich im vorigen Abschnitt die Ergebnisdarstellung an den quantitativen Merkmalen der Gruppenunterschiede orientierte, wird im nächsten Abschnitt mehr auf die qualitativen Aspekte der Bedingungsvariationen eingegangen. Dazu werden die Ergebnisse den einzelnen Indikatorgruppen folgend dargestellt. Als solche Klassen von Indikatoren haben wir: a) die Lokomotionen und die besuchten Orte, b) die Objektannäherungen und die an den Objekten vorgenommenen Manipulationen, c) den Erfolg und den Misserfolg der Aktivitäten, d) die Bedarfsmittelwerte, e) die mit den Zielen verbundenen Assoziationen, f) die Planungstätigkeit und was den Bedarf zudem betrifft g) die Bedarfserhöhungen und h) die Bedarfsverringerungen.

4.3.1 Lokomotionen und Orte

Schauen wir uns zuerst die Mittelwerte für die Variablen „Lokomotionen“ und „Anzahl der besuchten Orte“ (NLoc) an (siehe Diagramm 2).

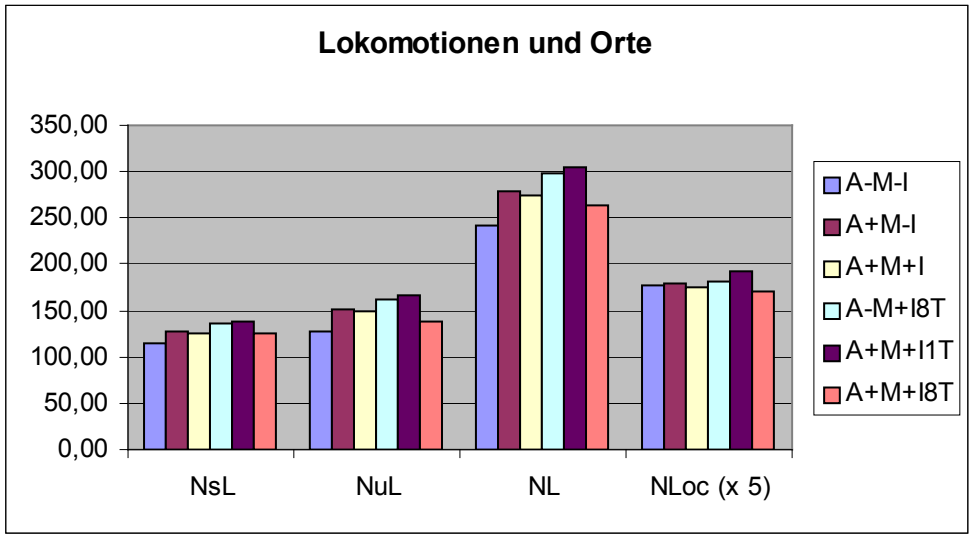

Diagramm 2: Lokomotionen und Orte (NL entspricht der Summe aus NsL und NuL).

Drei Dinge fallen bei der Betrachtung von Diagramm 2 auf:

- Bezüglich der Lokomotionsindikatoren ist es die „sozionisch ausgebaute“ Gruppe von PSIs, die der Kontrollgruppe am ähnlichsten ist.
- Die Gruppe A+M+I1T besucht die meisten Orte. Diese PSIs suchen nach dem Teddy-Objekt, das sie in der ersten Situation kennenlernten. Der Mangel macht sie diesbezüglich erfolgreicher. Die anderen PSIs finden entweder häufiger diese Objekte, da es mehr gibt („A+M+I8T“) oder die PSIs kennen so ein Objekt („I“-Gruppen) nicht bzw. empfinden es als neutral („A-“-Gruppen).

- Es sind also nicht die „Teddy“-Objekte oder das Affiliationsbedürfnis allein, die für eine Veränderung in der Lokomotionshäufigkeit verantwortlich sind. So führt die Einführung des Affiliationsmotivs allein im Vergleich zur Kontrollgruppe zu einer Zunahme der diesbezüglichen Anstrengungen (A+M-I vs. A-M-I), während sich dieselben Indikatoren durch die Einführung des Affiliationbedürfnisses verringern, sobald die entsprechenden Objekte vorhanden sind (A+M+I8T vs. A-M+I8T). Die Differenzen der Lokomotionshäufigkeiten (sowohl erfolgreiche als auch erfolglose) kehren sich beim Vergleich dieser Gruppenpaare um. Erst die differenzierte Betrachtung der Wechselwirkungen der drei Änderungen bezüglich der Relevanz für PSI (Ist das „Teddy“-Objekt relevant? Können die Manipulationsversuche erfolgreich sein? Kann die Bedürfnisbefriedigung erfolgreich sein?) ermöglicht die Dateninterpretation.

4.3.2 Objektannäherungen und Manipulationen

Als nächstes betrachten wir die Mittelwerte der Indikatorvariablen für die Objektannäherungen und –manipulationen (siehe Diagramm 3):

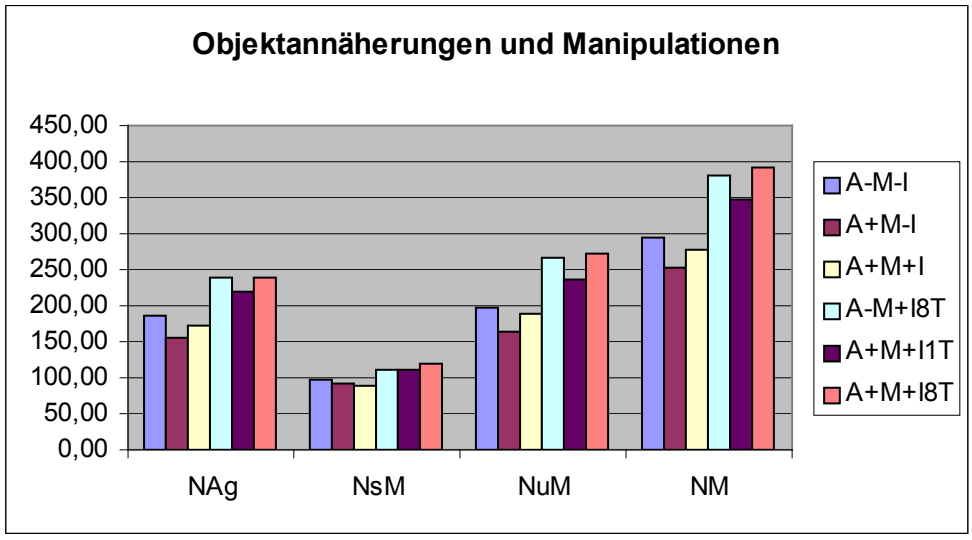

Diagramm 3: Objektannäherungen und Manipulationen (NM entspricht der Summe aus NsM und NuM).

Folgende Sachverhalte fallen bei der Betrachtung von Diagramm 3 auf:

- Die Erhöhung der Anzahl an vorhandenen „Teddy“-Objekten führt zu einer Erhöhung der objektbezogenen explorativen Anstrengungen.
- Die Einführung eines Affiliationsbedürfnis verringert die diesbezüglichen Anstrengungen.
- Der Erfolg der Manipulationsversuche wird maßgeblich mitbestimmt durch die „objektive“ Erfolgschance, d.h. durch die Kombination aus Anzahl der Manipulationsmöglichkeiten und der Anzahl der Objekte, während der Misserfolg zusätzlich durch die Struktur des Motivsystems moderiert wird.

4.3.3 Erfolg und Misserfolg

Wir wollen uns die PSI-Gruppen noch hinsichtlich der Mittelwerte weiterer Leistungsindikatoren betrachten (siehe Diagramm 4). Der „Erfolg“ wurde als die Summe der erfolgreichen Lokomotionen und Manipulationen definiert, während der Misserfolg als die Summe der nicht erfolgreichen Lokomotionen und Manipulationen bestimmt wurde. Der Übersichtlichkeit der Darstellung halber wurden einige Werte mit einem Faktor multipliziert.

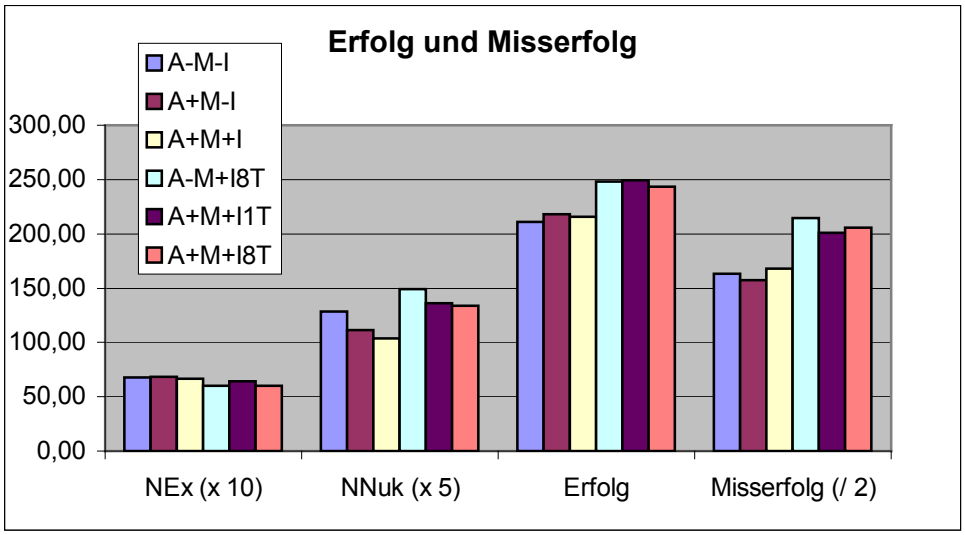

Diagramm 4: Erfolg und Misserfolg.

Es fällt bei der Betrachtung von Diagramm 4 folgendes auf:

- Die Gesamtzahl der Zusammenbrüche bleibt über die Gruppen hinweg weitgehend konstant. Es sind jedoch die „sozionisch ausgebauten“ PSIs diesbezüglich erfolgreicher als die Kontrollgruppe, obwohl sie ein Motiv mehr zu befriedigen haben.
- Die Anzahl an gesammelten Nukleotiden nimmt durch die Einführung eines weiteren Bedürfnisses ab, dies stärker, wenn gleichzeitig bei der Einführung einer weiteren Handlungsmöglichkeit das eingeführte Bedürfnis durch Mangel an entsprechenden Objekten unbefriedigt bleiben muss.
- Der „Erfolg“ und der „Misserfolg“ scheinen miteinander korreliert: Diejenigen PSIs, die hohe Werte für erfolgreiche Lokomotionen und Manipulationen erreichen, haben auch hohe Werte für erfolglose Versuche, den Ort zu wechseln oder ein Objekt zu manipulieren. Das heisst, dass die PSIs mit den meisten „Erfolgen“ gleichzeitig auch die meisten „Misserfolge“ zu verzeichnen haben. Es ist also die Gesamtzahl der Aktivitäten, die durch die Gruppenzugehörigkeit bestimmt wird, nicht der Erfolg der Aktivitäten. Die aktiveren PSIs sind dabei die, denen mehr Objekte und Handlungsmöglichkeiten gegeben werden, nicht unbedingt diejenigen, denen mehr Bedürfnisse gegeben werden.

4.3.4 Bedarfswerte

Es stellt sich die Frage, ob durch die eingeführten Änderungen im Motivsystem, den Handlungsmöglichkeiten und der Ausstattung der Insel auch die Befriedigung der anderen Motive (Hunger, Durst, Schaden) beeinflusst wird. Für einen Vergleich sind die Bedarfsmittelwerte in Diagramm 5 aufgetragen. „Motiv1“ entspricht dabei der Summe der Bedarfsmittelwerte ohne Berücksichtigung des Affiliationsbedürfnisses, „Motiv2“ bildet die Summe einschließlich des Affiliationsbedürfnisses.

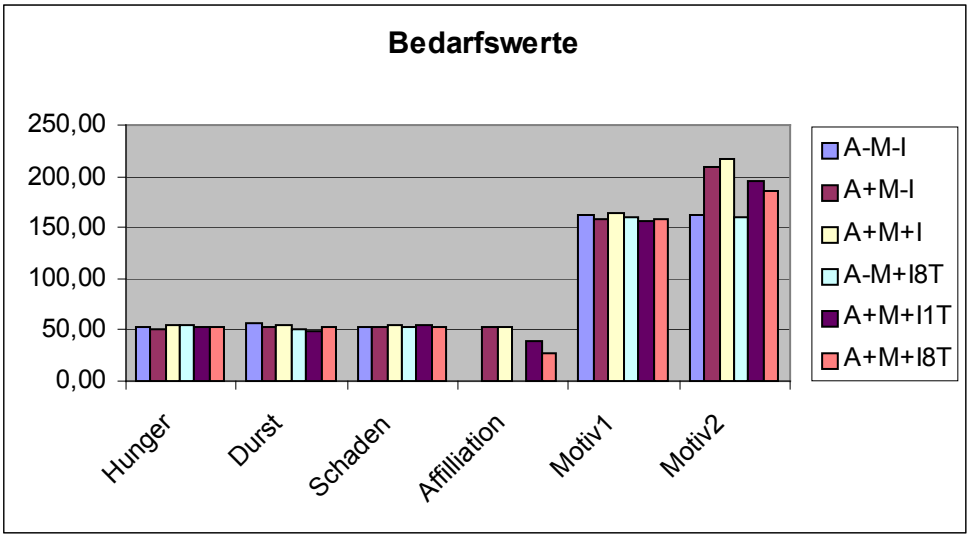

Diagramm 5: Bedarfswerte.

Wir sehen, dass es keinen nennenswerten Änderungen bei den Bedarfsmittelwerten für Hunger, Durst und Schaden gibt. Die Chancen, diese Bedürfnisse zu befriedigen, ändert sich ja auch nicht. Selbstverständlich wird der Bedarfsmittelwert für das Affiliationsbedürfnis erst von „0“ verschieden, wenn das entsprechende Bedürfnis eingeführt wird und der Mittelwert sinkt mit zunehmender Anzahl an Objekten, die bei erfolgreicher Manipulation dieses Bedürfnis befriedigen können.

4.3.5 Zielassoziationen

Schauen wir als nächstes auf die Mittelwerte der Daten über die internen Prozesse, zuerst auf diejenigen, die mit den Zielen in einem Zusammenhang stehen: Hintergrundziele und Zielassoziationen (siehe Diagramm 6).

Betrachten wir zuerst die Werte für „NHZ“. Diese entsprechen den Hintergrundzielen, die PSI für nicht handlungsleitende Absichten generiert. Wir sehen, dass die Werte größer sind für diejenigen PSIs, die weniger Befriedigungsmöglichkeiten haben, als für diejenigen, die ihre Absichten befriedigen können. Die diesbezüglich am wenigsten „eingeschränkte“ Kontrollgruppe generiert die wenigsten Hintergrundziele. Dies erklärt sich vor allem aus der geringeren Anzahl an NHZ aber auch durch die geringere Anzahl an Motiven, so dass weniger Absichten vorhanden sind, für die eine Hintergrundkontrolle durchgeführt werden kann. Es kommt aber noch hinzu, und dieser Aspekt erklärt den gesunkenen Wert für die „sozionisch ausgebauten“ PSIs, dass sie eine vergleichsweise größere Möglichkeit zur Befriedigung der

handlungsleitenden Absicht haben, so dass die Absichten häufiger wechseln können und damit Absichten handlungsleitend werden, ohne dass vorher eine Hintergrundzielbildung stattgefunden haben muss.

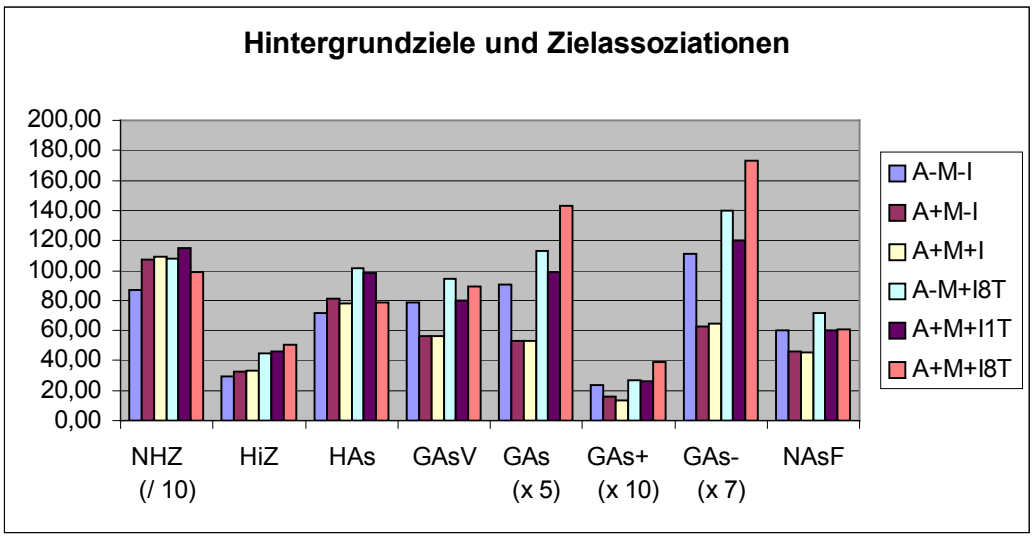

Diagramm 6: Hintergrundziele und Zielassoziationen.

Die Werte für „HiZ“ steigen stetig mit dem Ausbau der PSIs an. Bei den „HiZ“ handelt es sich um die Anzahl der Objekte einer Situation, die einem der Hintergrundziele zugeordnet werden können. Es handelt sich hier sozusagen um den Versuch, herauszufinden, ob ein Ort Gelegenheit bietet, eine Absicht zu befriedigen, die zwar vorhanden, aber nicht handlungsleitend ist. Der mit dem Ausbau steigende Wert erklärt sich aus zwei Tatsachen: Mit den Objekten der Realität verbundene Gelegenheiten sollten steigen durch die Zunahme an Motiven und die Zunahme an bedürfnisbefriedigenden Objekten. Ersteres, weil eine größere Klasse an Objekten zum Ergreifen von Gelegenheiten vorhanden ist, und zweiteres, weil eine größere Menge an Objekten und damit auch an Orten für diese Prüfung vorhanden ist.

Die Zahl der Hintergrundassoziationen („HAs“) ist für diejenigen PSIs am höchsten, die Teddy-Objekte in ihrer Umwelt haben, mit ihnen aber kaum etwas anfangen können. Die Gruppe „A-M+I8T“ findet viele Teddies, die auch manipuliert werden können, die aber kein Bedürfnis befriedigen. Die Gruppe „A+M+I1T“ lernt ein Teddy-Objekt kennen, das bei erfolgreicher Manipulation das vorhandene Bedürfnis befriedigt, findet dieses eine Objekt aber gegebenenfalls nicht wieder. Bei der ersten Gruppe steigt dieser Wert, weil sie versuchen, mit den Teddy-Objekten etwas zu verbinden, wenn sie auf sie stoßen, bei der zweiten Gruppe steigt dieser Wert, weil sie für die vorhandenen Objekte versuchen, eine Assoziation zum handlungsleitenden Motiv „Affiliation“ herzustellen, von dem sie wissen, dass zumindest das Objekt „Teddy“ dies befriedigt. Die anderen Gruppen haben entweder keine Teddy-Objekte, so dass sie (mit oder ohne Affiliation) keine damit verbundenen zusätzlichen Hintergrundassoziationen aufbauen können oder, und dies gilt für die Gruppe „A+M+I8T“, die Assoziationen, die gefunden werden sind echte Hintergrundziele.

Was die Zielassoziationen angeht (GAsV, GAs, GAs+, GAs-) so fällt zuerst einmal auf, dass folgendes für alle Gruppen gleichermaßen gilt: Erstens erweist sich rund die Hälfte der Versu-

che, zielführende Assoziationen zu finden (GAsV), als unfruchtbar (NAsF); PSI kann keine Assoziationen generieren. Und zweitens sind die Assoziationsversuche, die gelingen (GAs), fast immer erfolglos (GAs-). Nur die wenigsten Zielassoziationen erweisen sich als erfolgreich (GA+), was bedeutet, das die Assoziationen auf bedürfnisbefriedigende Schemata verweisen. Wir finden bedeutend geringere Werte bei allen dieses Variablen für die PSIs, die ein Affiliationsbedürfnis aber keine Teddy-Objekte haben, im Vergleich zu den anderen PSI-Gruppen. Diese Tatsache erklärt sich daraus, dass das Affiliationsbedürfnis, das bei diesen PSIs notgedrungen nicht befriedigt werden kann, sehr häufig handlungsleitend ist, PSI aber keine Assoziationen finden kann und diese Versuche dann auch sehr viel weniger häufig unternimmt, also bezüglich des Affiliationsmotivs resigniert. Die hohen Werte der Gruppe „A+M+I8T“ bei „GAs“, „GAs+“ und „GAs-“ erklären sich aus der Tatsache, dass diese PSI aufgrund des zusätzlichen Motivs und der zusätzlichen Objekte häufiger versuchen, Ziele zu assoziieren, also Verbindungen zwischen Schemata zu finden. Diese sind aber überwiegend, wie bei allen PSIs, nicht-zielführend (GAs-).

4.3.6 Planungstätigkeit

Betrachten wir als nächstes die mittleren Planungstätigkeiten der verschiedenen PSI-Gruppen (siehe Diagramm 7).

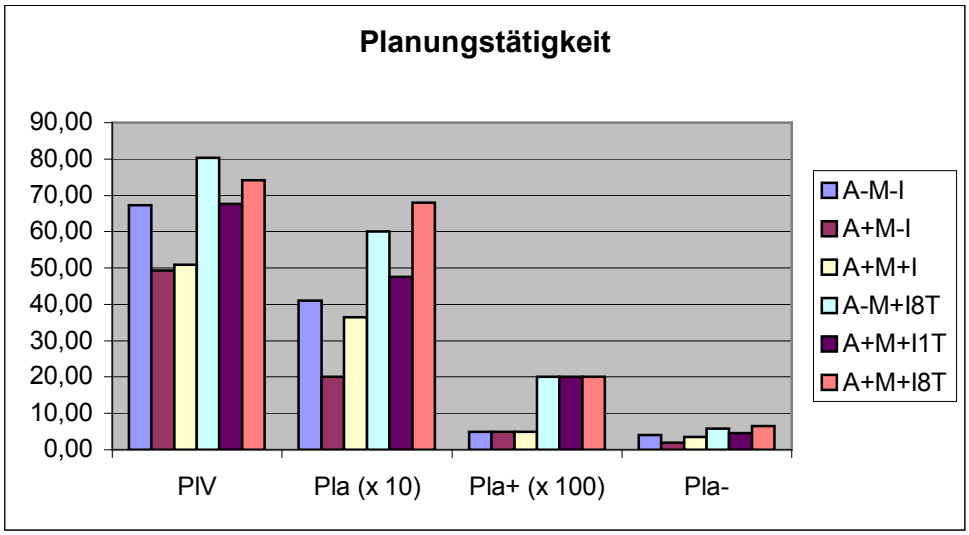

Diagramm 7: Planungstätigkeit.

Hier stehen uns vier Indikatoren zur Verfügung: die Anzahl der Versuche zu planen („PlV“), die tatsächlich ausgeführten Planungen („Pla“) und die hierbei erfolgreich („Pla+“) bzw. erfolglos beendeten Planungen („Pla-“). Die Verteilung der Werte für die Planungsversuche und die unternommenen Planungen entspricht exakt denen der Zielassoziationen (GAsV, GAs; siehe Diagramm 5). Dies wird schnell verständlich, wenn man sich vor Augen führt, dass sobald PSI eine Zielassoziation generieren kann, darauf aufbauend der Plan gefasst wird, diese Assoziationskette umzusetzen. Die Höhe der Säulen, die für „Pla“ und „Pla+“ der Darstellung wegen mit einem Faktor multipliziert wurden, darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass PSIs (wenige) Planungen fast vollständig erfolglos bleiben. Die Hinzunahme von Teddy-Objekten

führt bei PSI dazu, dass die Anzahl der erfolgreichen Planungen ansteigt. Das liegt daran, dass es ja nun mehr Objekte gibt, mit denen man planen kann.

4.3.7 Bedarf: Erhöhungen

Als nächsten wenden wir uns den Mittelwerten für die Bedürfnisse zu, die in der Datei „comsum.prt“ festgehalten sind. Sie spalten sich in die beiden Klassen von Werten auf, die den „Erhöhungen“ bzw. den „Verringerungen“ der einzelnen Bedürfniswerte entsprechen. Es handelt sich dabei um die akkumulierten Werte der Inkremente bzw. Dekremente der einzelnen Bedürfnisse. Diagramm 8 zeigt als erstes die Werte für die Erhöhung eines Bedarfs.

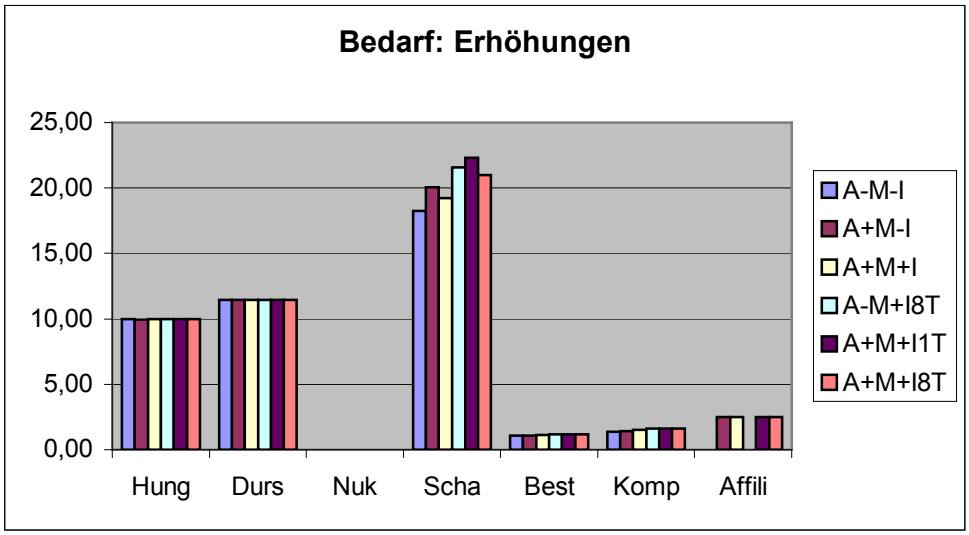

Diagramm 8: Bedarfserhöhungen.

Da alle PSIs gleich getaktet sind (das Spiel endet nach 2.500.000 Lebenseinheiten) und der Bedarf an Nahrung und Wasser entsprechend dem „Insel“-Spiel für die Versuchspersonen regelmäßig ein wenig steigt, sind diese Werte für alle PSI-Gruppen gleich. Auch die Werte für das Affiliationsbedürfnis sind bei den PSIs gleich groß, sofern sie eine Bedürfnis nach Affiliation haben, ansonsten ist der Wert „0“. Der Wert für das Bedürfnis, Nukleotide zu sammeln, ist bei allen Gruppen „0“, da dieser sich über die Zeit nicht erhöht (er bleibt konstant bei 0,4). Die Werte für den Schaden haben für alle PSI-Gruppen die gleiche Größenordnung, schwanken aber ein wenig, was daran liegt, dass ein Ortswechsel durch schlechten Untergrund ein wenig Schaden verursacht; diese Ortswechsel unterscheiden sich zwischen den PSIs. Die Werte für den Bedarf nach Bestimmtheit unterscheidet die Gruppen mit bzw. ohne „Teddy“-Objekte voneinander. Die Gruppen mit Teddy haben einen höheren Wert, was daran liegt, dass sie ein anfänglich unbekanntes Objekt mehr kennenlernen, welches im ersten Moment durch seine Neuartigkeit einen Bedarf nach Erhöhung der Bestimmtheit hervorruft. Die Werte für den Bedarf nach Kompetenzerhöhung bedürfen als einzige einer theoretischen Erklärung, die anderen ergaben sich ja aus technischen Erwägungen heraus. Am höchsten sind die Werte für die beiden Gruppen, die entweder viele Teddy-Objekte auf der Insel haben, für die sie aber bedürfnisneutral sind, oder für die Teddies bedürfnisbefriedigend sind, davon aber nur ein einziges auf der Insel vorhanden ist. Inhaltlich bedeutet dies, das diese beiden Gruppen am meisten „Ineffizienz“-Signale erhalten. Das Unterschiedsmuster entspricht ungefähr demjeni-

gen der Hintergrundassoziationen („HAs“, siehe Diagramm 6). Diesen beiden Gruppen gelingt es nur in geringem Ausmaß, zielführende und damit bedürfnisbefriedigende Handlungen zu antizipieren, zu planen und auszuführen.

4.3.8 Bedarf: Verringerungen

Als letzte Indikatorgruppe für einen Gruppenvergleich verbleiben die Mittelwerte für die „Verringerungen“ an den Bedürfniswerten, was der Höhe der akkumulierten Bedürfnisbefriedigungen entspricht (siehe Diagramm 9).

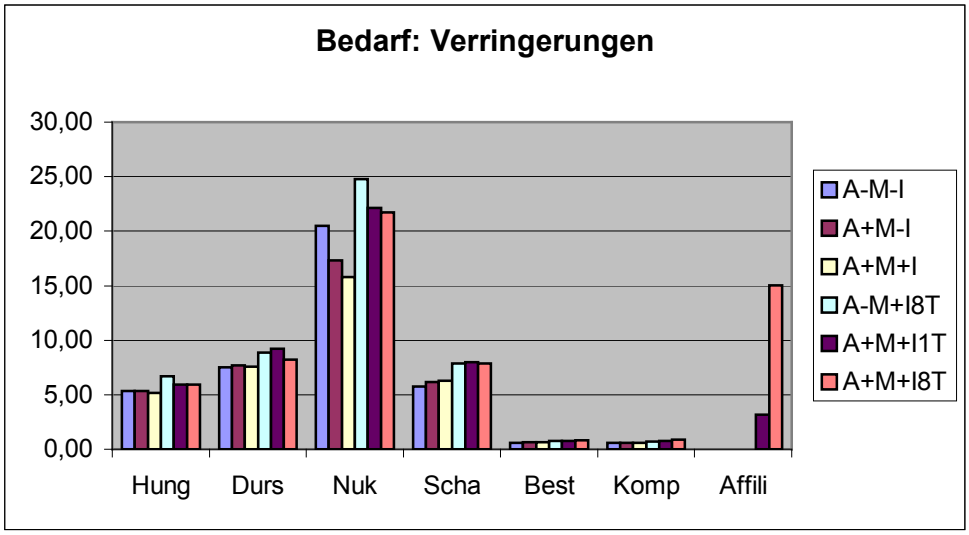

Diagramm 9: Bedarfsverringerungen.

Diskutieren wir diese Werte von rechts nach links: Das Affiliationsbedürfnis wird nur befriedigt, wenn ein solches Motiv vorhanden ist, und dann um so stärker, je mehr bedürfnisbefriedigende Objekte vorhanden sind. PSI gelingt es über alle Gruppen hinweg kaum „Effizienz“- bzw. „Bestimmtheits“- Signale zu bekommen, die für einen Anstieg der Kompetenz bzw. Bestimmtheit verantwortlich sind. Hierfür hätte PSI erfolgreicher planen und handeln müssen (was die Kompetenz betrifft) bzw. mehr zielführende Assoziationen entwickeln müssen (was die Bestimmtheit betrifft). Die PSI-Gruppen mit „Teddy“-Objekten beheben ihren Schaden in stärkerem Maße als die anderen Gruppen, was unter anderem damit zusammenhängt, dass sie mehr Schaden erleiden (siehe Diagramm 8). Die Höhe dieser Werte kann zwei Erklärungen haben: zum einen mag es sein, dass sie ihren Schaden später beheben (wodurch die Bedürfnisbefriedigung höher ausfällt) oder häufiger die schadensheilenden Pflanzen konsumieren. Es ist diesen Daten nicht anzusehen, welche Erklärung zu bevorzugen ist. Die Werte für die Befriedigung des Nukleotid-Bedürfnisses entspricht naturgemäß genau der Anzahl der aufgesammelten Nukleotide (diese Darstellung ist gegenüber der Darstellung in Diagramm 3 lediglich durch die unterschiedlichen Skalen etwas verzerrt). Was nun die Befriedigung des Wasser- und Nahrungsbedarfs angeht, so sehen wir, dass die PSI-Gruppen, die „Teddy“-Objekte auf ihrer Insel vorfinden, höhere Werte als die anderen Gruppen haben. Auf den ersten Blick mag es so aussehen, als seien diese Gruppen diesbezüglich dementsprechend erfolgreicher als die anderen, doch der Schein trügt; es verhält sich genau anders herum: sie schaffen es erst

später, also bei höherem Bedarf, diese Bedürfnisse zu befriedigen, was bei einer Akkumulation der Werte für gestillten Bedarf zu einer Erhöhung führt.

4.3.9 Zusammenfassung

Auch die qualitative Auswertung der vorhandenen Indikatorvariablen zeigten Unterschiede zwischen den einzelnen PSI-Gruppen, die auf die Hinzunahme eines Affiliationsbedürfnisses, der Veränderung der Manipulationsmöglichkeiten bzw. der Anzahl der Objekte auf der Insel zurückzuführen sind. Das vielleicht wichtigste Ergebnis ist, dass PSIs mit einem Affiliationsbedürfnis, aber ohne Möglichkeit dieses zu befriedigen, weniger Zielassoziationen generieren, damit auch weniger Planungen durchführen und dadurch eine geringere Kompetenz besitzen als die Kontrollgruppe oder die Gruppe „sozionischer" PSIs. Trotzdem führen sie, was die Leistung betrifft, mehr erfolgreiche Aktionen durch (Addition der erfolgreichen Lokomotionen und Manipulationen) und sammeln am meisten Nukleotide auf.

5. Diskussion und Ausblick

Mit der Änderung der Eigenschaften von PSI, den Handlungsmöglichkeiten oder der Umwelt verändert sich auch das Verhalten von PSI und seine internen Prozessen. Die Richtung und das Ausmaß dieser Veränderungen entspricht den theoretischen Erwartungen. Dies ist weniger trivial als es klingt, da die Umsetzung einer komplexen Theorie in ein Computerprogramm mit vielen Schwierigkeiten verbunden ist. Nicht zuletzt ist das eigendynamische Verhalten eines hochgradig vernetzten Systems mit sich auf vielfältiger Weise wechselseitig beeinflussenden Elementen nicht exakt vorhersagbar, um nicht zu sagen: häufig für Überraschungen gut. Sowohl Programmierfehler, Schwächen in der Konzeptualisierung, Fehler oder Unzulänglichkeiten bei der Formalisierung bzw. Implementation stehen einem reibungsfreien Lauf eines solchen Computerprogramms häufig im Wege. Wir konnten zeigen, dass die PSI-Implementation eine adäquate Umsetzung der PSI-Theorie (Dörner, 1999) ist.

Da PSIs Verhalten auch vom Zufall beeinflusst wird, stellt sich die Frage, ob die berichteten Gruppenunterschiede tatsächlich auf die vorgenommenen Variationen zurückzuführen sind, oder ob sich solche Unterschiede nicht auch alleine durch den Zufallsfaktor ergeben. Um dies zu testen, haben wir Parallelgruppen zu drei der vorgestellten Gruppen hergestellt. Jeweils 20 weitere PSIs haben wir zum Vergleich mit der Kontrollgruppe („A-M-I"), der Gruppe mit Affiliationsbedürfnis aber ohne weitere Handlungsmöglichkeiten oder Objekte auf der Insel („A+M-I") und zu der Gruppe mit Affiliationsbedürfnis, mit dem Küssen-Operator und einem „Teddy"-Objekt („A+M+I1T") laufen lassen. Wir wählten nun andere Zufallsvektoren und prüften auf Unterschiede zur Gruppe des gleichen Typs (genauer: die randseed-Zahlen 1 bis 20 wurden durch die Werte 21 bis 40 ersetzt). Von den 44 Indikatorvariablen, die wir für die PSIs erhoben haben, konnten wir bei jedem Gruppenvergleich je einen signifikanten Unterschied feststellen. Für die Kontrollgruppen ergab sich ein Unterschied bezüglich der Anzahl der Zusammenbrüche, für die Gruppen „A+M-I" bezüglich des akkumulierten mittleren Gesamtbedarfs (Summe des mittleren Bedarfs der einzelnen Motive) und für die Gruppen

„A+M+I1T“ fanden wir einen Unterschied bezüglich der Höhe der Befriedigung des Hungerbedürfnisses. Es ist damit nicht auszuschließen, dass von den vorgestellten Ergebnissen vereinzelt Gruppenunterschiede berichtet wurden, die nicht ausschließlich auf die Variation der Bedingungen zurückzuführen ist. Jedoch fanden und interpretierten wir keine vereinzelten Unterschiede zwischen den Gruppen, sondern vielfältige Unterschiede, die ein kohärentes Muster ergeben, so dass das Gesamtbild von zufälligen Unterschieden nicht betroffen ist.

Wir fanden jedoch bei der Betrachtung der Daten der PSI-Läufe auch Indikatorvariablen, deren Werte auf einen ungenügenden Ausbau der PSI-Implementation hinweisen. Dies wird um so deutlicher, wenn PSIs Verhalten mit dem von Menschen verglichen wird. Zum einen finden wir, dass PSIs Verhalten (seien es die Lokomotionsversuche oder die Manipulationsversuche) zu oft von Misserfolg begleitet ist. Die PSIs scheinen aus ihren Fehlschlägen nicht zu lernen, welches Verhalten unangemessen gegenüber dem Realitätsausschnitt ist. Sie probieren ihre bekanntermaßen erfolglosen Operatoren zu häufig erneut erfolglos aus. Auch die Anzahl der erfolgreichen Planungen ist betrüblich gering. Die PSIs können nur in erschreckend geringem Maße zielführende Operatoren gedanklich aneinander reihen, um von einer unbefriedigenden Ausgangssituation aus zu einer befriedigenden Zielsituation zu gelangen. Es müsste also an der Planungsprozedur von PSI etwas geändert werden. Das Konzept der Vorwärtsplanung, das bei PSI implementiert ist, erweist sich allein als unzureichend. Wünschenswert wäre eine Kombination der Vorwärtsplanung mit einer Rückwärtsplanung.

Für weiterführende Analysen des Verhaltens von PSI ist es wünschenswert, dass noch weitere Indikatoren der internen Prozesse protokolliert würden. Vor allem sind es die Modulatoren und Modulationsparameter wie z.B. Auflösungsgrad, Selektionsschwelle oder Aktiviertheit, deren mittlere Ausprägung und Varianz hier von Interesse sind. So erwarten wir zum Beispiel, dass die Gruppe der PSIs mit einem Bedürfnis nach Affiliation, das unbefriedigt bleiben muss, gegenüber der Kontrollgruppe aufgrund des erhöhten Bedürfnisdrucks auch eine erhöhte mittlere Aktiviertheit aufweist. Zu fragen ist auch, ob Änderungen der Eigenschaften der Umwelt oder der Handlungsmöglichkeiten die Varianz dieser Parameter ändert. Oder anders ausgedrückt: schafft eine veränderte Umwelt auch veränderte Persönlichkeiten (im Sinne der Persönlichkeitskonzeption von Schaub, 2000)?

Zur Beantwortung nicht nur psychologischer Fragestellungen, sondern auch sozialpsychologischer und vor allem soziologischer, ist es notwendig, als nächstes sowohl die Umwelt als auch die PSI-Implemention, derart umzugestalten, dass PSI Seinesgleichen in einer (dreidimensionalen) Multi-Agenten-Umwelt begegnen kann (siehe Abbildung 8).

Wir möchten auf eine solche Insel verschiedene PSIs aussetzen, die sich wechselseitig wahrnehmen können, sich frei in alle Richtungen bewegen können und die ausserdem ein Bedürfnis nach L-Signalen haben. Die PSIs können ihrerseits L-Signale und Anti-L-Signale und – im Falle der Hilfsbedürftigkeit – auch Supplikationssignale aussenden. Es interessiert uns nun herauszufinden, was unter solchen Umständen geschieht. In welcher Weise wird sich die Gesellschaft der PSIs strukturieren? Wird sich so etwas wie Führerschaft entwickeln? Werden sich feste soziale Beziehungen entwickeln? Inwieweit werden die PSIs kooperieren? Was er-

gibt sich, wenn das Bedürfnis nach L-Signalen mit dem Bedürfnis nach Haselnüssen konkurriert?

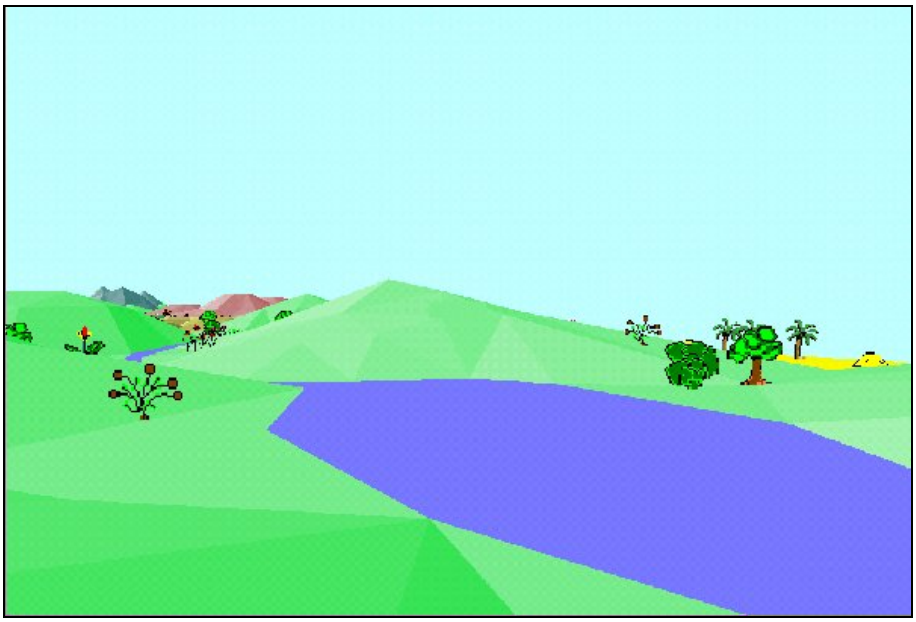

Abbildung 8: Ausschnitt aus der 3D-Welt für PSI.

Aufgrund des Bedürfnisses nach L-Signalen kann man den PSIs Aufträge erteilen. Die Erfüllung eines Auftrags wäre für die PSIs ein Mittel zum Erwerb von L-Signalen (und zur Vermeidung von AL-Signalen). — Man soll übrigens auch als Mensch in die Rolle eines PSI schlüpfen und auf diese Weise direkt mit den PSIs in Kontakt treten können.

Es erscheint uns, dass die Einführung eines Bedürfnisses nach Legitimitätssignalen die einfachste Form ist und zugleich die am eleganteste (von den uns bekannten), um soziale Beziehungen in einer Gruppe autonomer Agenten zu entwickeln. Es ist uns aber zum großen Teil unklar, welche Folgen sich daraus für PSI-Gruppen und auch für den Überlebenskampf der einzelnen ergeben. Wir wollen daher in einer Reihe von Studien untersuchen, in welcher Weise sich soziale Beziehungen in einer PSI-Gesellschaft entwickeln, wie solche Beziehungsgefüge in Abhängigkeit von verschiedenen Bedingungen wachsen, sich ändern und auch wieder verfallen. Im einzelnen sollen folgende Bedingungen variiert werden:

- Variation der Umwelt: Man kann „schwierige“ und „leichte“ Umwelten konstruieren, also Inseln, die wenig Gefahren und viele Gelegenheiten enthalten und solche, die viele Gefahren und nur schwer zugängliche und auch knappe Ressourcen enthalten. In den ”schwierigen” Umwelten kommt natürlich der Hilfsbereitschaft eine besondere Rolle zu. Werden sich unter solchen Bedingungen die sozialen Beziehungen anders entwickeln als unter mehr „paradiesischen“ Bedingungen mit vielen, leicht zugänglichen Ressourcen und wenig Gefahr? Werden unter allzu schwierigen Verhältnissen die sozialen Beziehungen zerfallen? Das kann sich durchaus ergeben, da nach der Konstruktion der PSIs sich die sozialen Bedürfnisse ja gegen die anderen Bedürfnisse durchsetzen müssen. Unter schwierigen Bedingungen kann sich durchaus eine „Mackie-Messer“ - Gesellschaft entwickeln: „Erst kommt das Fressen, dann kommt die Moral“. Vielleicht sind hier auch die Übergänge be-

deutsam; was geschieht mit den sozialen Strukturen, wenn man die Lebensumstände sich langsam verbessern oder verschlechtern lässt?

- Variation der Personenparameter: Es soll untersucht werden, wie sich verschiedene Fähigkeitsprofile und ”Persönlichkeitsmerkmale” der PSIs auf die sozialen Strukturen auswirken. Wir können die PSIs mit jeweils verschiedenen körperlichen, geistigen und Temperamentseigenschaften ausstatten. Wir können manche PSIs so gestalten, dass es ihnen leicht fällt, Felsbrocken zu zerschlagen; anderen fällt es schwer oder es ist ihnen gar nicht möglich. Manche können sich schnell bewegen, andere nur langsam. — Wir können manche PSIs mit einem guten, andere mit einem schlechten Gedächtnis ausstatten oder mit einer guten oder schlechteren Planungsfähigkeit. Wie wirken sich solche Unterschiede auf die sozialen Beziehungen aus? (Die Hilfeleistungen der PSIs können ja auch darin bestehen, dass sie sich wechselseitig mit Plänen versehen.) — Wir können manche PSIs so gestalten, dass sie eher resignativ-depressiv sind (das kann man erreichen, indem man den Kompetenzpegel nur langsam ansteigen, aber schnell verfallen lässt) oder ”kühn” und ”wagemutig” (langsam absinkender und schnell ansteigender Kompetenzpegel). — Man kann homogene oder hochgradig gemischte PSI-Populationen untersuchen und überprüfen, in welcher Weise ”Gleichheit” oder ”Ungleichheit” sich auf die Entwicklung sozialer Gefüge auswirkt. Auch hier haben wir im Augenblick keine konkreten Hypothesen, in welcher Weise sich in verschiedenen PSI-Gesellschaften die sozialen Beziehungen entwickeln, wenn man Persönlichkeitsunterschiede einführt.

6. Literatur

Anderson, J. R. (1983): *The Architecture of Cognition*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Anderson, J. R. (1993): *Rules of the Mind*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Bartl, C. & Dörner, D. (1998): *Comparing the behaviour of PSI with human behaviour in the BioLab game*. Bamberg: Lehrstuhl Psychologie II, Memorandum Nr. 32.

Bischof, N.t (1991[3]): *Das Rätsel Ödipus. Die biologischen Wurzeln des Urkonflikts von Intimität und Autonomi*e. München, Zürich: Piper.

Bischof, N. (1993): Untersuchungen zur Systemanalyse der sozialen Motivation I: Die Regulation der sozialen Distanz - Von der Feldtheorie zur Systemthorie. *Zeitschrift für Psychologie*, 201, S.5-43.

Boulding, K. E. (1978): *Ecodynamics*. Beverly Hills, CA: Sage.

Braitenberg, V. (1984): *Vehicles: Experiments in Synthetic Psychology*. Cambridge: MIT Press.

Braitenberg, V. (1993): *Vehikel. Experimente mit kybernetischen Wesen*. Reinbek: Rohwolt.

Dertouzos, M. L. (1965): *Threshold Logic. A Sythesis Approach*. Cambridge, Mass: MIT Press, Research Monograph No. 32.

Detje, F. (1999): *Handeln erklären*. Wiesbaden: DUV.

Detje, F. (2000a): Comparison of the PSI-theory with human behaviour in a complex task. In Niels Taatgen & Jans Aasman (Hrsg.): *Proceedings of the Third International Conference on Cognitive Modeling*. Veenendaal: Universal Press. S.86-93.

Detje, F. (2000b): *„Insel". Dokumentation – Versuche – Ergebnisse.* Bamberg: Institut für Theoretische Psychologie, Memorandum Nr. 39.

Detje, F. (i. Vorb.): *PSI-Vergleiche: Die Variation der Modulationsparameter*. Unveröffentlichtes Manuskript.

Dörner, D. (1987): Denken und Wollen: Ein systemtheoretischer Ansatz. In: Heckhausen, Heinz, Gollwitzer, Peter M. & Weinert, Franz E. (Hrsg.): *Jenseits des Rubikon. Der Wille in den Humanwissenschaften*. Berlin u.a.: Springer, S.238-249.

Dörner, D. (1988): Wissen und Verhaltensregulation: Versuch einer Integration. In H. Mandl & H. Spada (Hrsg.): *Wissenspsychologie*. München, Weinheim: PVU, S.264-279.

Dörner, D. (1989): *Die Logik des Mißlingens*. Reinbek: Rowohlt.

Dörner, D. (1992): *Memorandum zur Gründung eines Instituts für Theoretische Psychologie in der Fakultät Pädagogik, Philosophie und Psychologie der Otto-Friedrich Universität Bamberg*. Bamberg: Lehrstuhl Psychologie II. Unveröffentlichtes Manuskript.

Dörner, D. (1994a). Über die Mechanisierbarkeit der Gefühle. In: Krämer, S. (Hrsg.), *Geist - Gehirn - künstliche Intelligenz: zeitgenössische Modelle des Denkens*. Berlin: de Gruyter, S.130- 161.

Dörner, D. (1994b). Emotionen, kognitive Prozesse und der Gebrauch von Wissen. In: Klix, F. & Spada, H. (Hrsg.): *Kognition und Emotion*. Göttingen: Hogrefe.

Dörner, D. (1996): Eine Systemtheorie der Motivation. In: Kuhl, Julius & Heckhausen, Heinz (Hrsg.): *Enzyklopädie der Psychologie, Band C/IV/4* (Motivation, Volition und Handlung). Göttingen u.a.: Hogrefe, S.329-357.

Dörner, D. (1999): *Bauplan für eine Seele*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.

Dörner, D. (2000): The Simulation of Extreme Forms of Behaviour. In Niels Taatgen & Jans Aasman (Hrsg.): *Proceedings of the Third International Conference on Cognitive Modeling*. Veenendaal: Universal Press, S.94-99.

Dörner, D., Kreuzig, H. W., Reither, F. & Stäudel, T. (1983): *Lohhausen. Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität*. Bern: Huber.

Dörner, D., Schaub, H., Stäudel, T. & Strohschneider, S. (1988): Ein System zur Handlungsregulation oder - Die Interaktion von Emotion, Kognition und Motivation. *Sprache & Kognition, 7 (4),* S.217-232.

Dörner, D. et al. (i.Vorb.)*: PSI – Eine neuronale Theorie der Handlungsregulation*. Bamberg: Institut für Theoretische Psychologie.

Gubler, H. & Bischof, N. (1993): Untersuchungen zur Systemanalyse der sozialen Motivation II: Computersimulationen als Werkzeuge der motivationspsychologischen Grundlagenforschung. *Zeitschrift für Psychologie, 201*, S.287-315.

Gubler, H., Paffrath, M. & Bischof, N. (1994): Untersuchungen zur Systemanalyse der sozialen Motivation III: Eine Ästimationsstudie zur Sicherheits- und Errungungsregulation während der Adoleszenz. *Zeitschrift für Psychologie, 202*, S.95-132.

Heckhausen, H. (1989[2]): *Motivation und Handeln*. Berlin u.a.: Springer.

Heckhausen, H., Gollwitzer, P. M. & Weinert, F. E. (Hrsg.) (1987): *Jenseits des Rubikon. Der Wille in den Humanwissenschaften*. Berlin u.a.: Springer.

Hille, K. (1997): *Die "künstliche Seele". Analyse einer Theorie*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.

Newell, A. (1990): *Unified theories of cognition*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press. (The William James lectures, 1987).

Ritter, F. E. (1997): *Hungry-Thirsty Soar Tutorial Version 11*. [WWW Dokument]. URL: http://www.psychology.nottingham.ac.uk/staff/Frank.Ritter/pst/hungry-thirsty/ht-tutorial.html.

Schaub, H. (1993): *Modellierung der Handlungsorganisation*. Bern: Huber.

Schaub, H. (1996): Künstliche Seelen - Die Modellierung psychischer Prozesse. *Widerspruch, 29*, S.56-82.

Schaub, H. (1997): Modelling Action Regulation. In: Brezinski, J. Krause, B. & Maruszewski, T. (Hrsg.), *Idealization VIII: Modelling in Psychology*. Amsterdam: Rodopi, S.97-136.

Schaub, H. (2000): Modelling Personality. *International Journal of Psychology, 35 (3-4),* S.204.

Schoppek, W. (1997): Wissen bei der Steuerung dynamischer Systeme - ein Prozessorientierter Forschungsansatz. *Zeitschrift für Psychologie, 205,* S.269-295.

Tisdale, T. (1998): *Selbstreflexion, Bewußtsein und Handlungsregulation*. Weinheim: PVU.

Toda, M. (1962): Design of a Fungus-Eater. *Behavioral Science, 7,* S.164-183.

Westermann, R. & Heise, E. (1996). Motivations- und Kognitionspsychologie: Einige intertheoretische Verbindungen. In: Kuhl, J. & Heckhausen, H. (Hrsg.): *Enzyklopädie der Psychologie, Band C/IV/4* (Motivation, Volition und Handlung). Göttingen: Hogrefe,275-327.