

אוניברסיטת בר-אילן
היחידה ללימודים בין תחומיים
התוכנית למדע, טכנולוגיה וחברה

הצעה לתכנית מחקר במסגרת הלימודים לתואר שלישי

האנשים ששמרו על האורגניזם
מדע גתאני והתפתחותו במאה ה-20 ועד ימינו
בביולוגיה בכלל ובתורת האבולוציה בפרט

מגיש : ניר אליאב
ת.ז. : 056041064

בהנחיית : פרופ' אורן הרמן

תוכן העניינים :

4.....	הספרות הקיימת.....	2.
5.....	רקע היסטורי.....	3.
5.....	גתה המדען.....	3.1
6.....	פילוסופיית המדע של גתה.....	3.2
8.....	תרומתו של גתה לפילוסופיה של המדע ושל הביולוגיה.....	3.3
10.....	Rudolf Steiner מייסד מדע גתאני.....	3.4
11.....	המחקר הגתאניסטי בביולוגיה לאורך המאה ה-20.....	3.5
13.....	מטרות המחקר.....	4.
14.....	שאלות המחקר.....	5.
14.....	לשאלת תרומתו של מדע גתאני ביולוגי.....	5.1
18.....	לשאלת האבולוציה במדע הגתאני.....	5.2
19.....	לשאלת התפתחות האוטונומיה ע"פ המדע הגתאני.....	5.3
20.....	תרומת המחקר.....	6.
21.....	שיטת המחקר.....	7.
22.....	מבנה העבודה.....	8.
22.....	מקורות וספרות נוספת.....	9.

1. מבוא

המונח "מדע גתאני" (Goethean Science) קיים בהיסטוריה של המדע כבר יותר מ-100 שנים, ומציין דרך של עבודה מדעית בעלת מאפיינים הנובעים בעיקר מעבודתו המדעית של Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832). גתה עסק במחקר עצמאי של מגוון תופעות טבע במהלך כל חייו, והחשיב זאת יותר משירתו¹. עבודתו לא נחשבה כבר בחייו כמדעית אלא כרומנטית, ועל כך כעס גתה, אך היא נחקרה מאז לא מעט, למרות שהסתתרה תמיד תחת צלה של עבודתו הספרותית². האנשים שעסקו במחקר גתאניסטי, במיוחד בביולוגיה, הם במוקד הצעת עבודה זו, בראי התפתחות עבודתם והאינטרפרטציה שלהם לכתביו הביולוגיים של גתה לאורך המאה ה-20. רוב החוקרים הגיעו למדע גתאניסטי בעקבות כתביו של Rudolf Steiner (1861-1925), פילוסוף ואיש רוח שהיה הראשון שערך את כתביו המדעיים של גתה, ואשר ייחס חשיבות רבה לדרך חקירתו של גתה את העולם. ב-1914 ייסד שטיינר מכון למחקר במדעי הטבע ב"גתאנום" בשווייץ, כחלק ממרכז עולמי לפעילות ומחקר בענפים השונים של מדע הרוח (האנתרופוסופיה). בנוסף לאלה, הגיעו חוקרים נוספים למדע גתאני דרך מחקר עצמאי בעבודתו של גתה, ופיתחו דרך הוליסטית משלהם לעבודה מדעית (Bortoft, 1996; Goodwin, 2004).

למרות שגתה חקר נושאים מגוונים ביותר וידוע כאבי תורת הצבע (Farbenlehre), אתמקד במדע החיים שפיתח, בעיקר במורפולוגיה [מונח שגתה טבע], באבולוציה ובבוטניקה, שהובילו כבר בזמנו לתפיסה של הטבע כישות מתפתחת ולאבולוציה של המינים. אתאר את גישתו של גתה לאורגניזם ולחיים בכלל בעזרת האפיסטמולוגיה שפיתח, ואראה כי היא הוליסטית בעיקרה ופנומנולוגית ('אמפיריציזם רך' כפי שהגדיר זאת גתה) ומציבה גבול ברור בין דרך המחקר של הפיזיקה בעולם הדומם לבין זו של היצור החי ומאפייניו.

הפירוש שנתנו הגתאניסטים לביולוגיה של גתה מעניין במיוחד בהקשר של מקומו של האדם באבולוציה לצד בעלי החיים והאורגניזמים בכלל, ועומדת בניגוד לניאו-דרוויניזם המקובל. מספר חוקרים אספו עדויות לאבולוציה המראה את האדם כתבנית מרכזית ממנה התפצלו ויצאו קבוצות האורגניזמים השונות. אבדוק את אופי העדויות הללו, את חוזקן ואת מקומה של תורת אבולוציה זו בקונטקסט של התפתחות מושג האבולוציה בביולוגיה בכלל.

¹ גתה אמר: "כל שעשיתי בחיי כמשורר עשו ויעשו אחרים אפילו יותר טוב ממני, ולכן אינני גאה על כך, אך על כך שרק אני במאה זו יודע את האמת במדע הקשה של הצבע אני גאה ביותר, ומרגיש מעל כולם". Conversations with Eckermann, 19.2.1829.

² הערכה ראשונה בירחון מדעי לגתה הובעה 37 שנים אחרי מותו: קטע גדול מן ה'אפוריזמים' של גתה צוטת ע"י Huxley בגיליון הראשון של Nature (1869).

Rudolf Steiner היה הראשון שערך את כתביו המדעיים של גתה בשנים 1883-1897 בוויימר עבור ההוצאה לאור הלאומית של כתבי גתה. כתביו והרצאותיו מלאים בהתייחסויות לגתה, והוא הראשון שטבע את המונח 'מדע גתאני'. אתמקד בכמה חוקרים שעבדו אחרי שטיינר ובהשראתו לאורך המאה ה-20 ועד ימינו, ואבדוק את התפתחות המחקר במיוחד בתחום תורת האבולוציה שלהם, בהשוואה לניאו דרוויניזם.

להלן אתן רקע היסטורי תמציתי, אפרוס בקצרה את הפילוסופיה הגתאנית ואפרט את מטרות העבודה, שאלת המחקר וצורות העבודה המוצעת.

2. הספרות הקיימת

למרות שעל המדע של גתה עצמו נכתבו ספרים ומאמרים רבים, עד כה לא נערך מחקר היסטורי ביקורתי על מדע גתאניסטי שהתפתח במהלך המאה ה-20, וגם לא על הענף הביולוגי שלו. מאחר וגתה נחשב לאבי הרומנטיציזם (ראה להלן), נכתבו כמה מחקרים על מדענים שעבדו בכיוון דומה (Harrington, 1996; Richards, 2002), אך אין בהם כדי להאיר על המדע הגתאני. על מה שקרוי כיום מדע גתאני כתבו רק בודדים: Henri Bortoft (1996, 2012) כתב על הפילוסופיה ואפיסטמולוגיה של גתה ויישומה במחקר במדעי הטבע, וכך גם הפילוסוף של המדע Ronald Brady (1982, 1987, 1992) שחקר את דרך החשיבה הייחודית של גתה במיוחד בביולוגיה. מדענים המגדירים עצמם גתאניסטים פרסמו ספרים לא מעטים ומאמרים, בעיקר בגרמנית, בשני ירחונים מקצועיים: *Tycho de Brahe* ו-*Jahrbuch für Goetheanismus* מאז 1984, וכן *Elemente der Naturwissenschaft* מאז 1961, וכן רבעון נוסף באנגלית שנקרא *In Context* במכון Nature Institute במדינת ניו-יורק (של Craig Holdrege & Stephan Talbot).

בעבודה זו אוסיף ניתוח היסטורי ופילוסופי של המדע הגתאני, בעיקר כפי שהוא נתפס על ידי העוסקים בו, וכן על פי תפיסתם של מדענים אחרים שכתבו על המדע של גתה (גתאני) ועל אנשים הרואים עצמם פועלים ברוחו של גתה (גתאניסטים). מאחר ולא ניתן למצוא עבודות אחרות שעסקו בהיסטוריוסופיה הגתאניסטית בצורה ביקורתית חיצונית, תיצור עבודה זו בסיס כלשהו להתייחסות, הן לגתאניסטים והן לחוקרי ההיסטוריה והפילוסופיה של המדע. חלק מהמחקר המוצע כאן יוקדש לסקירה מדויקת של הספרות הגתאניסטית, בגרמנית ובאנגלית, ולניתוח הקשרים בין המדע הגתאני לזרם המרכזי באמצעות הספרות. בנוסף תעסוק עבודה זו במשמעות קיומו של זרם גתאניסטי של מחקר מדעי ומקומו בקונטקסט ההיסטורי של הביולוגיה של הזרם המרכזי.

3. רקע היסטורי

3.1 גתה המדען

Johann Wolfgang von Goethe נולד בפרנקפורט ב-1749 וכבן למשפחה מכובדת למד משפטים באוניברסיטת שטראסבורג, שם שמע הרצאות גם באנטומיה ובכימיה, ועסק בכתיבת שירה וסיפורת. כשהיה בן 24 כתב מחזה ראשון ושנה אחר כך כתב את הספר "יסורי וורתר הצעיר" שהביא אותו לפרסום רב והפך לרב-מכר. בגיל 26 הכיר אותו הדוכס קארל אוגוסט והזמינו לבקר בעירו וויימאר, לשם עבר והתקבל מיד לחוג החברתי-תרבותי של הדוכסות. הוא הפך לחברו האישי של הדוכס והועסק כמנהל המכרות, עיסוק שהביא אותו ללימוד מעמיק של צורות הסלעים והגיאולוגיה של האזור. תוך כדי כך למד נושאים רבים נוספים מתוך עבודתו והיכרותו עם אנשי מקצוע בתחומים רבים כמו ביולוגיה, רפואה עממית ואמנות, והמשיך בכתיבת שירה ופרוזה (פאוסט) גם כאשר קיבל בית-גן ליד הנהר שטרן, וטיפח את גנו תוך לימוד בוטני מעמיק. בגיל 30 התמנה למנהל הועדה הצבאית והועדה לסלילת דרכים, ושנתיים אחר כך יזם הקמתו של בית ספר חופשי לציור, בו הרצה על אנטומיה בשירות האמנות. בגיל 35, ב-1784 פרסם חיבור מדעי ראשון "על הגרניט", וכן חיבור שהכיל גילוי משמעותי ראשון במורפולוגיה של האדם: "על עצם החד האמצעית בלסת העליונה, כמו לבעלי החיים". בספטמבר 1786 כשהוא בן 37, עזב גתה במפתיע, לאחר 10 שנות שירות אצל הדוכס של ווימאר, ונסע לאיטליה. את רשמיו העזים כתב במכתבים רבים למכריו, ואחרי שנתיים שב לגרמניה עטור רשמים ותכניות, שסוכמו בספר 'המסע לאיטליה'. רשימותיו גדושות פרטים על עולם הצומח, מבנה המסלע, מטאורולוגיה, ארכיאולוגיה ופיזיקה. הוא הביע את תקוותו לעסוק במחקר בטבע, ונראה כי בשלהי מסעו ועם חזרתו לעיר Jena החל להתמסר לכך ברצינות, כשקיבל את ארגון האוספים של האוניברסיטה ואת תכנון גני העיר. בשנים אחר כך ערך מאות תצפיות, כתב ופרסם מאמרים על 'המטמורפוזת של הצמחים' וערך מחקר מעמיק על האופטיקה של הופעת הצבע, כפי שמראה למשל החיבור המסכם השנתי האוטוביוגרפי (Annalen) של 1790.

גתה הכיר ואף פעל ביחד עם רבים מהמדענים בתקופתו, כמו למשל פילוסוף הטבע Friedrich Schelling ממנו הושפע רבות, Johan Ritter אשר גילה קשרים בין חשמל למגנטיות ולתופעות צבע כימיות (גם בניסויים שערך עם גתה על מקורם של צבעים), וגם עם אנשי רוח וסופרים, כמו Friedrich Schiller שהשפיע רבות לא רק על הספרות של גתה, אלא גם על ניסוח האפיסטמולוגיה במאמריו

המדעיים, בעשור האחרון של המאה ה-18.³ גתה ראה עצמו כמדען קלסי הפועל באופן ריאליסטי מתוך האובייקט שהוא חוקר ולא מתוך הגיגיו הפרטיים, הרוחניים, כפי שטען שעושים משוררים כמו Novalis ו-Schiller, וגם אנשי מדע כמו הבוטנאי Franz Schelver, למרות שבמקביל לחקירה האובייקטיבית שמר גתה גם על הערכה אסטטית ורוחנית לטבע. Harrington (1996) מצטטת את גתה כמקור למדע ההוליסטי-רומנטי שהתפתח אחריו לאורך המאה ה-19 ע"י אנשי מדע בגרמניה שנרתעו מהמכניסטיים המתגברת במדעי החיים, אך היא לא מציינת כי גתה בערוב ימיו לא אהב את השיוך הזה.⁴ (Richards, 2002, p.431; Schad, 2002). גתה אף לעג לרובם, וטען כי אלה שבצעירותם נסחפו לרומנטיזם או לתאיזם (דתיות) הגיעו להיות מדענים מטריאליסטים מדי, בעוד הוא מנסה לשמור על אמפיריציזם רך הנתוע בתופעות ביחד עם אידאליזם שפוי שאינו מנותק מהן. יתכן ובשל ביקורת זו, וגם בגלל שלא שאף לתגליות גדולות או לפיתוחים טכנולוגיים מכניים, התקבלה עבודתו המדעית בפקפוק ובספק רב, למרות שהוא תפס עצמו כמתבונן קפדן השואף לראיית השלם, ונזהר משיפוטים אנתרופומורפיים הנובעים מדעות קדומות. מאמץ מדעי רב הקדיש גתה בערוב ימיו לתורת הצבעים, וערך תצפיות וניסויים רבים בכדי להעשיר ולהרחיב את הידע בנושא הצבעים גם לכימיה ולחשמל, ואולם אני ארצה להקדיש עבודה זו לצד הביולוגי של מחקריו.

3.2 פילוסופיית המדע של גתה

גתה ניסה לפתח התבוננות מדעית בקו המנוגד להלך החשיבה שהתפתח בעקבות קביעת התכונות הראשוניות (הניתנות למדידה) של האובייקט על ידי Galileo. הוא לא קיבל את ההנחה כי לאובייקט יש תכונות חשובות יותר (כי הן מדידות) ותכונות פחות חשובות (כמו צבע) כי הן סובייקטיביות, וכאילו לא שייכות לאובייקט אלא לנפש החווה אותו. גישה זו, המפרידה בין אובייקט וסובייקט, הגיעה לשיא בפילוסופיה של René Descartes בה עומד האדם כסובייקט מול אובייקט בעולם, והייתה מאז הבסיס למחקר המדעי, שהיה כבר בזמנו של גתה בסוף המאה ה-18 מפותח ומסועף.⁵ גתה הסתייג מכך ובנוסף שלל את השפעותיהן של שתי אסכולות תרבותיות: נאו-פלטוניזם ואטומיזם. הנאו-פלטוניזם העריך אידאליזם מתמטיים יותר מאשר תפיסות חושים, דבר שגתה התקשה לקבל. האטומיזם היווני שהתגלה במערב במאה ה-15 עודד השתלטות זרם חשיבה זה על המדע, ולא ניתן לדמיין את המדע של היום ללא תורת החלקיקים העומדת בבסיס הפיזיקה והכימיה. למרות שהיה לכאורה ברור לאנשי מדע שיש

³ אני נסמך רבות על פריסת הביוגרפיה המדעית המפורטת של גתה שכתב עילם לנגוצקי (1993) 'על הניסויים של תורת הצבע' בעבודה לתואר שני בהיסטוריה של המדעים והרעיונות, בהנחיית פרופ' יהודה אלקנה.

⁴ "העבר הוא בעל ממשות מכובדת, אצילה ממש, ואילו הרומנטיציזם הוא לא אמתי, בלתי אפשרי, ונותן בפנטזיה תחושה של משהו מציאותי" (מכתב לרימר, 28.8.1808)

⁵ Isaac Newton פיתח את תורת הכבידה סביב 1684, וכתב את 'אופטיקה' שלו ב-1704 כשלפניו חוקי קפלר.

תכונות שלא ניתן לחקור באובייקט כי הן תלויות מדי בסובייקט המתבונן, טען גתה כי יש לחקור את הטבע מתוך ראיית האובייקט בלבד, ואת כל תכונות האובייקט ומאפייניו. ראייה אובייקטיבית, ע"פ גתה, היא ראייה המנסה להתעלם עד כמה שאפשר מהסובייקט, מהדעות ומההשערות שיש לנו כחוקרים לגבי האובייקט, וילתת לו לדבר' בכל הצורות והמופעים האפשריים⁶ (Holdrege, 2013; Bortoft, 1998; Brady, 2012).

בנוסף, גתה ניסה לראות תמיד את הפרט בהקשר של הכלל. הוא ניסה להחזיק בתודעה את התמונה הכללית תוך כדי לימוד מעמיק של הפרטים, ודרש שאין לוותר על התמונה הכללית לטובת פרט זה או אחר, כפי שעשה בטעות (לדעתו) ניוטון, שהסיק מהופעת צבעי המנסרה כאירוע בודד על חוק טבע כללי הנוגע לאור הלבן, בעוד שלמעשה פגש במקרה פרטי של הופעת צבע. לכן המדע שפיתח גתה נחשב למדע הוליסטי. Ernst Cassirer, פילוסוף שביסס את הפילוסופיה של הפנומנולוגיה, כתב על גתה: "בכתיבתו מתבלטים היחסים בין הפרטיקולרי לאוניברסלי כפי שכמעט לא ניתן למצוא בהיסטוריה של מדעי הטבע. הוא היה משוכנע לגמרי כי הפרטי והכללי לא רק שהם מחוברים בצורה אינטימית, אלא שהם חודרים האחד את השני. ה"עובדה" וה"תיאוריה" לא היו שני קטבים מנוגדים עבורו, אלא שני ביטויים וגורמים של הדדיות מאוחדת ובלתי ניתנת לרדוקציה. זהו אחד העקרונות הבסיסיים של תפיסתו את הטבע". (מתוך Bortoft, 1996, המביא את Cassirer, 1974, p.145).

במחקריו הביולוגיים נטה גתה להיצמד עד כמה שאפשר לאורגניזם, כשהוא מנסה לדכא את הצורך האנושי בבנייה של הסבר. הוא טען כי הכללות כמו ניסוחו של חוק טבע כללי מתוך תופעה מסוימת הן הפשטות תיאורטיות מדי, שאינן מאפשרות לנו להבין באמת את האורגניזם. הרדיפה אחרי הסברים גורמת לנו לאבד מגע עם היצור החי עצמו, ולהחמיץ את מה שיש לו להגיד לנו. כל תיאוריה לכן, צריכה להיבנות ע"פ גתה מתוך אוסף התכונות עצמן של האורגניזם ומתוך המאפיינים שלהן ולא מתוך ההשערות (והניסויים לאישושן) של החוקר⁷.

בחקר היצורים החיים, נטה גתה לתפיסתו הטלאולוגית של קאנט, שטען ב-ביקורת על השיפוט ההגיוני כי למדעי החיים דרושה אפיסטמולוגיה אחרת מזו של הפיזיקה של הדומם, כזו המחפשת אחר "המטרה הטבעית" (Harrington, 1996). קאנט טען, כי יש לבקש אחר המטרה אותה מנסה האורגניזם להגשים בטבע, וזוהי טלאולוגיה – הקרנה של העתיד על המתרחש בפיזיולוגיה של הפרט – שגתה ינק

⁶ "... Dr. Heinroth speaks favorably of my work; in fact, he calls my approach unique, for he says that my thinking works objectively. Here he means that my thinking is not separate from objects; that the elements of the object, the perceptions of the object, flow into my thinking and are fully permeated by it; that my perception itself is a thinking, and my thinking a perception". (Goethe, 1995, p. 39)

⁷ גתה כתב במאמר על "הניסוי כמתווך בין אובייקט לסובייקט" (1772): "איננו יכולים להיות יותר מדי זהירים במאמצינו להימנע מהסקת מסקנות נמהרת מניסויים, או מלהשתמש בהם ישירות כהוכחה לאישושה של תיאוריה כלשהי". בערוב ימיו כתב גתה: "אל תחפש דבר מעבר לתופעות, הן בעצמן התיאוריה" (1829).

ממנה כשטען שיש לחפש את ה-*Typus*, את המהות המאפיינת את היצור החי, זו שבונה את התנועה שלו

ויוצרת מתוך הרעיון המקורי שלו (הטיפוס) את כל איבריו במטמורפוזה (Goethe, 1790; Steiner, 1888). בנוסף מדגיש גתה את השלמות האסטטית של הטבע, שבה האדם יכול למצוא אחידות המופיעה בכמה תבניות מקור (למשל, בעלי החוליות כקבוצה בעלת מקור תבניתי משותף) העוברות השתנות אינסופית כמעט במופעי המינים והיצורים השונים.

Bortoft (2012) מסביר כי גתה נתן תמיד תשומת לב למקור, לכוחות הפועלים בבסיס התופעות והגורמים להשתנות יותר מאשר למוצר הסופי, בחיפוש בכל תחום אחר תופעת-האם-המקורית (*Urphenomen*) (Harrington, 1996; Holdrege, 2013; Richards, 2002). תוך התבוננות בהשתנות רצף העלים שעל הגבעול, בתופעות מעֵבֵר של עלים לעלי כותרת, ועלי כותרת לאבקנים (כמו בשושנת המים *Nymphaea*) מצא גתה שכל איברי הצמח הפורח הם למעשה 'עלים' שעברו מטמורפוזה, וקרא לכן לעלה "פרוטאוס", ע"ש האל היווני המשנה את צורתו בכל הופעה מחדש; בזמן גילוי זה הוא כותב בהתרגשות מנאפולי לחברו Johann G. Herder כי גילה את ה-*UrPflanz* כתמונה ארכיטיפית של הצמחים כולם, על פיו כרעיון נבנים כל איברי הצמח (Goethe, 1790).

אסכם בקצרה מאפיינים נוספים בראייתו המדעית של גתה:

- גתה שאף לאיחוד של התנסות החושים והחשיבה, לכך שההכרה תהיה מעוגנת בחושים, שההסבר של המופעים יעלה מתוך הרעיון שמאחוריהם.
- גתה ניסה להגיע לראיית הקשרים והיחסים בעולם לא במובן של מטרה או כוונה (או סיבה טכנולוגית) אלא כביטוי לכוחות היצירה של הטבע בכל הצדדים והכיוונים האפשריים.
- גתה לא מכחיש אף צד של הטבע- רעיוני רוחני או חומרי פיזי. שניהם ארוגים זה בזה ונקלטים על ידי ההתנסות וההכרה האנושית שיש לאמן אותה: התנסות אשר קולטת תבניות ותמונות שלמות.
- המדען עצמו עובר התפתחות כשם שהטבע בו הוא צופה הוא דינמי ומתפתח.

3.3 תרומתו של גתה לפילוסופיה של המדע ושל הביולוגיה

הראייה ההוליסטית של האורגניזם כמו גם ההתמקדות בתצפיות ובמופעי הטבע למול התיאוריות וההסברים שהתפתחו עבורם, היו כבר בתקופתו של גתה, קרוב למאה שנים אחרי ניוטון וחצי מאה לפני דרווין, נושא לדיון ולוויכוח. גתה פנה לחושים, אבל לא במובן הרגיל של המילה כאמפיריציסט המחפש ראיות לתיאוריות, אלא בהפניית תשומת הלב לקליטה החושית עצמה, ובכך ליכולת להתעלם מהתקשורת הוורבלית ולהיכנס למצב של התבוננות אינטואיטיבית (Bortoft, 2012). הוא נתן תשומת

לב להתכוונות שבהתבוננות, לתהליך של ההגעה למהות שמאחורי המראות, כך שכאשר ראה לפניו את העלים של הצמח ע"פ סדר הצמיחה שלהם, ראה את העיקרון התנועתי שמאחורי כולם בצמח הארכיטיפי, כפי שצוין.

בחיבורו הראשון על אנטומיה משונה (1795), אחרי שיחות עם האחים Wilhelm & Alexander von Humboldt, הגדיר גתה במושג *Bildungstreib* את המהות הפנימית המקורית הבונה את מופעיו של האורגניזם או את פרטיהם השונים של מינים בסוג מסוים, כשהוא מנסה לתאר מקור אחד לכל בעלי החיים, כולל בעלי חוליות וחרקים (חסרי חוליות שגם להם יש ראש, בטן וזנב, ע"פ גתה) (Richards, 2002). [השערה זו הוכחה כנכונה רק לאחרונה, עם גילוי המערכים הגנטיים הדומים אצל בעלי חוליות וחרקים (Sean, 2005; Filler, 2007)]. ואמנם כבר בתקופתו של גתה לקחו רבים את רעיון הארכיטיפ הדינמי כפשוטו וניסו לציירו או לראותו, במאובנים או אפילו באורגניזמים מסוימים, או בצורה מטאפיזית, כסוג של 'אידיאל שכל המינים שואפים אליו', כפי שכתב Friedrich Schelling, תלמידו ועמיתו (Richards, 2002, 305). Brady (1987) מסביר כי רבים מהחוקרים כמו Lorenz Oken, Charles Darwin וגם Étienne Geoffroy Saint-Hilaire לא הבינו נכון את רעיון האיבר הארכיטיפי של גתה, וטענו להומולוגיות שנבעו מדמיון לאיבר מקורי משוער, או מהכללה טכנית של מיקום האיבר בשלד. Richard Owen (1849) הבריטי לקח את רעיון הארכיטיפ כפשוטו וצייר את בעל-החוליות הטיפוסי לכאורה, מתוך רדוקציה למכנה המשותף של כל בעלי החוליות, ובכך הפך את הארכיטיפ לסטטי, קבוע ולא משתנה. אולי בשל היקבעות זו לא התפתח רעיון הארכיטיפ הדינמי שגתה ראה ברוחו, כתמונה אידאית שלא קיימת במציאות אבל יכולה להסביר מופעים אורגניזמליים שונים, ותורת האבולוציה של דרווין התעלמה הן מזה והן מזה של Owen, גם בכך שפנתה לראיות במאובנים ובאורגניזמים קיימים (Brady, 1987; Riegner, 2013).

Robert Richards (2002) טוען כי גתה היה מדען רציני ומעמיק, ש"מסקנותיו התיאורטיות על המורפולוגיה אומצו במהירות ע"י בני זמנו, ואף דחפו לרעיונות מניעים... במהלך המאה ה-19 אצל מספר ברי סמכה של התקופה" (עמ' 434). William Whewell הצטרף ל-Herman von Helmholtz באימוץ החוקיות בצמחים שפיתח גתה, ורעיונותיו לגבי בעלי חיים אומצו ע"י Lorenz Oken, Johan Meckel, Johan Spix ובמידה הרבה ביותר ע"י Georges Cuvier. לטענתו של Richards (2002, עמ' 435) הן היו גם הבסיס לתורת האבולוציה של דרווין, ועזרו לקליטתה המהירה בגרמניה במהלך סוף המאה ה-19, במיוחד ע"י Ernst Haeckel. אבל נדמה כי המטריאליזם שהלך והשתלט על התרבות כולה כבר בסוף

ימיו של גתה ובמיוחד עד סוף המאה ה-19 הותיר מחוץ לתיאוריה הביולוגית את האידיאלים הרוחניים כמו את ההתייחסות הישירה לטבע, שהיו מאבני היסוד של עבודתו המדעית של גתה. אולי חברו, Carl Gustav Carus, הפיסיולוג והצייר, היה היחיד שהבין את האכזבה והעצב של גתה בערוב ימיו בהתבוננו בכיוון שלקחו אנשי המדע: חלקם אידאליסטים מדי, וחלקם מטריאליסטים מדי. היה זה Rudolf Steiner בסוף המאה ה-19, אשר למרות המטריאליזם במדע (והתקדמות המחקר הפיזיקלי שהשפיע מאד על הביולוגיה במאה ה-20) הבין כי בלי התייחסות למהות שאינה מטריאליסטית לא ניתן להתייחס ליצורים חיים, והחל את האימפולס הגתאניסטי של המאה ה-20.

3.4 Rudolf Steiner מייסד מדע גתאני

Rudolf Steiner (1860-1925) התגלה כפילוסוף צעיר ומבריק ע"י Karl Julius Schröder אשר המליץ עליו ל-Joseph Kürschner, המו"ל של כתבי גתה, לערוך את כתביו המדעיים של גתה בווימאר. אלה יצאו לאור כ- *Goethes Naturwissenschaftliche Schriften, Einleitungen* ב-4 כרכים 50 שנה לאחר מותו של גתה, בשנים 1883-1897. האקדמות שכתב שטיינר לכתביו המדעיים של גתה פורסמו בספר בשם 'מדע גתאני'⁸ (1888) והפכו לתשתית האפיסטמולוגית עליה ביססו חוקרים גתאניסטים את עבודתם במהלך המאה ה-20. Wolfgang Schäd (2002) חקר את המונח 'גתאניזם' ומתאר בפירוט את התפתחותו בכתביו של שטיינר ובכלל כ'דרך ראייה של הטבע ושל האדם שגתה היה מייצגה הראשוני'. הדרך המדעית של גתה היוותה עבור שטיינר מקור השראה בפיתוח מדע הרוח שלו ובבניית אפיסטמולוגיה חדשה של ההכרה האנושית, כפי שכתב: "כשהחשיבה מנכסת לה רעיון, היא מתאחדת עם הבסיס הראשוני של הקיום בעולם; מה שפועל בחוץ נכנס לרוחו של האדם: הוא נעשה אחד עם המציאות האובייקטיבית במשמעותה הגבוהה ביותר. להיות מודע לרעיון המצוי במציאות הוא האיחוד (communion) האמתי של האדם" (Steiner, 1988, p.103).

שטיינר הפך לפילוסוף ומרצה ידוע בתחילת המאה ה-20 כשפיתח גוף ידע על התפתחות האדם ומקומו בעולם שנקראה אנתרופוסופיה⁹, וזכר תמיד לציין את גתה כמקור השראתו. הוא קרא למרכז שהקים ליד באזל בשוויץ Goetheanum, בתוכו הוקם גם מרכז למחקר במדעי הטבע בו עבדו, חקרו, פרסמו ולימדו מדענים במהלך כל השנים מאז היווסדו ב-1914. ממחקר ראשוני עולה כי החוקרים

⁸ הוצאות מסוימות קראו לספר *Goethe the Scientist*.

⁹ האנתרופוסופיה שפיתח שטיינר היוותה בסיס ליישומים רבים שהתפתחו במהלך המאה ה-20 כמו החקלאות הביו-דינמית, הרפואה האנתרופוסופית, חינוך וולדורף והחינוך המרפא ע"פ שטיינר. בעבודה זו אתמקד ביישום המדעי של האפיסטמולוגיה שפיתח שטיינר על בסיס גתה הרבה לפני פיתוח האנתרופוסופיה, שהיווה בסיס למחקר המדעי הגתאניסטי.

שעבדו בשנים הראשונות ב'בית הזכוכית'¹⁰ פעלו מתוך הכוונות ישירות של שטיינר ובהשראת סמכותו הטבעית, ועסקו במציאת 'הוכחות מדעיות' למושגים אנתרופוסופיים (כמו הגוף האתרי). ארצה לטעון כי בתקופה זו נבנה גבול ברור למדע הגתאני, בעיקר בגלל רתיעתם של העוסקים בו מהמדע המטריאליסטי והרדוקציוניסטי שאימץ דרכי חקירה מהפיזיקה אל הביולוגיה בתחילת המאה ה-20. עם השנים אחרי מותו ב-1925 נשאר רק כתביו והרצאותיו של שטיינר, ואל המכון בגתאנום הגיעו יותר חוקרים בעלי הכשרה מדעית, עם אוריינטציה להוליוזם ולאנטי-מטריאליזם, אשר ניסו לייצר ידע שעסק גם בבעיות רפואיות (למשל, תרופה לסרטן מצמח הדבקון - Misstletow) ובשאלות מדעיות אחרות. חוקרים אלה שימרו את הכיוון הגתאניסטי למרות ובמהלך מלח"ע ה-II¹¹, העבירו אותו לחוקרים נוספים שעברו לאנגליה ולארה"ב, והמשיכו לפתח מחקר הוליסטי בתחומים רבים ובעיקר בביולוגיה.

כיום, 100 שנים אחרי ייסוד מכון המחקר בגתאנום, ישנם חוקרים בעולם הפועלים בגישה גתאניסטית, במיוחד בקשר עם הגתאנום אך גם בתוך האקדמיה של הזרם המרכזי, תוך טשטוש הגבולות שיצרו הגתאניסטים הראשונים. אחד הסממנים לכך (אותו ארצה לבדוק במחקר) הם פרסומים שלהם מחוץ לירחונים של הגתאנום. בנוסף על שאלות המחקר המרכזיות המוצעות להלן בעבודה זו, ארצה לבדוק עד כמה הצטרפו מדענים מהזרם המרכזי לגתאניזם, והאם אומצו שיטות מחקר שהיו נחלתם של הראשונים גם בזרם המרכזי.

בראייה רטרוספקטיבית ארצה לומר, כי למרות שהיו לכאורה מדענים רבים שהלכו בדרכו של גתה במה שמכונה "המדע של התקופה הרומנטית", היה זה שטיינר שהחזיק את הוראתו המדעית של גתה, נתן לה פירוש והערכה שלא קיבלה קודם והראה בעזרתה כי ניתן לחקור את הביולוגיה של האדם מתוך מודעות והתייחסות גם לצדדים נפשיים ורוחניים, המהווים חלק ממכלול האדם השלם.

3.5 המחקר הגתאניסטי בביולוגיה לאורך המאה ה-20

רבים מבין האינטלקטואלים שהגיעו להרצאותיו של רודולף שטיינר היו גם כאלה שעברו הכשרה אקדמאית במדעי הטבע¹², אך נדמה כי נרתעו מ'המהפכה במורפולוגיה' של סוף המאה ה-19: הדגש במחקר הביולוגי עבר מהתבוננות בטבע לעריכת ניסויים במעבדה, כפי שמתאר Harwood (1993). ההתמחות והפרגמנטיזציה של המחקר, הזלזול המתגבר בהתבוננות בטבע והפניה לידע מתוך ניסויי

¹⁰ שמו של מכון המחקר במדעי הטבע בגתאנום, בבניין ששימש בתחילת דרכו לעיצוב וליטוש חלונות הזכוכית בגתאנום עצמו.

¹¹ במלחמה הופסקה הפעילות של החברה האנתרופוסופית בגרמניה, חלק מאנשיה נעצרו, והמחקר הגתאני כמעט והופסק אם כי המרכז בשוויץ לא נסגר.

¹² אני עדיין לא מכיר את הביוגרפיות שלהן, ולכן לא יכול לפרט יותר על המאפיינים שלהם.

מעבדה הרתיעו את הביולוגים המובילים (כמו Ernst Hertwig ו-Hermann Helmholtz הזואולוג), והביאו לביקורת כמו שמביע Julius Schaxel ב-1919 (בזמן שיא עבודתו של שטיינר) על כך ש"הביולוגיה במשבר, כי הפכה למעשה טלאים תיאורטי, מבוך של דעות ומגרש משחקים לספקולציות" (Harwood, 1993, 27). בעוד האמריקאים מתקדמים במחקר ציטולוגי ובגנטיקה מנדלית, בגרמניה התווכחו (למשל, Hermann Stieve מול Richard Goldschmidt) על תפקיד הכרומוזום, ונראה כי באווירה זו היו עוד רבים שלא ויתרו על הראייה הרומנטית-אידיאלית של הטבע והאורגניזם, ונמשכו לפילוסופים ששילבו הכרה מדעית ואנושית כמו שטיינר. חלק מתלמידיו ביקשו ממנו הנחיות למחקר במדעי הטבע, והוא העביר כמה קורסים בנושא¹³. בשנת 1914 החל בהקמת מרכז פעילות ליד באזל, שווייץ, ומיד לידו הוחל בעבודת מחקר במעבדה קטנה בבית הזכוכית.

הראשון שניהל את המחקר במחלקה למדעי הטבע של הגתאנום היה דווקא עורך דין בהכשרתו בשם Guenther Wachsmuth (1927) Wachsmuth). למרות הדגש שנתן שטיינר למדעי הטבע ולמחקר ברוח פועלו של גתה, עבדו עם ווקסמוט חוקרים מעטים יחסית¹⁴, כמו Hermann Poppelbaum, ביולוג וזואולוג שניהל אחרי את המכון. גישתם נבעה בעיקר מתוך הרצון להציג ראיות תצפיתיות שיתמכו במדע שייסד שטיינר. ארצה לטעון כי בכתביהם פנייה ברורה לסמכות הכריזמטית הגדולה שהייתה באמירותיו של שטיינר, למרות שהוא עודדס למצוא את האמת בדרך חסרת פניות ולהגיע למחקר עצמאי משלהם. Poppelbaum (1931), כותב בהקדמה לספרו "אדם וחייה" כי "אחרי שהקשיב במשך שנים להוכחות על מוצאו של האדם מהחיה... ואחרי שההתנגדויות לכך הלכו ושכחו בעשור הראשון של המאה... נפתח לפניו עולם חדש בפגישתו הראשונה עם Rudolf Steiner". הוא עסק בעיקר בשאלת האבולוציה של האדם, ומצא אחרים (כמו Karl Snell שכתב כבר ב-1863 כי האדם מהווה ציר התפתחותי ממנו התפצלו החיות האחרות, וכן Louis Bolck ההולנדי, שהראה בהרצאה ב-1926 כי האדם שומר על תכונות נאוטניות של יונקים אחרים¹⁵) שרעיונותיהם בדבר התפתחות האדם תאמו לשלו (ראה להלן על הניאוטניה בשאלות המחקר).

מי שעמד אחר כך בראש מכון המחקר למדעי הטבע בגתאנום בשנים 1970-1996 היה Jochen

Bockemühl, בוטנאי בעל תואר דוקטור מאוני' ברמן ובעל תעוזה ומעוף. Bockemühl לקח את

תיאוריית המטמורפוזת של גתה (Goethe, (1790) 2009) וערך מחקרים דומים ומפורטים ביותר

¹³ שטיינר העביר סדרות רבות של הרצאות שכולן מתועדות בספרים, ביניהן סדרות הידועות כ"קורס החום", "קורס האור" ו"אסטרונומיה". ועוד כמה הקשורות ברפואה ובחקלאות.

¹⁴ ידועים עוד שמות, אך לא הפרטים, ועבודת מחקר זו מיועדת לתעד אותם.

¹⁵ מתוך המבוא לספרו של פופלבוים (1931).

בצמחים ממשפחות רבות. הוא פיתח תיאוריה על מאפייני התפתחות העלים לאורך הגבעול, והגיע לתגליות ולהישגים במורפולוגיה של הצמח שיכולים ללמד רבות על מהות ההבדלים בין צמחים מאותו מין באזורים שונים, או ממינים דומים באזורים זהים. Bockemuhl יזם הקמת ירחון מקצועי לגתאניסטים, וריכז את עבודתם של מספר מדענים שעבדו במחקר בגתאנום וגם לימדו בקורסים שונים שנערכו במקום לתארים מתקדמים, תוך כדי פרסום עשרות מאמרים בספרות הגתאניסטית, אשר כמעט ולא צותתה במחקרים אחרים.

כיום פועלים מספר ביולוגים המגדירים עצמם גתאניסטים, כמו Craig Holdrege שהקים מכון מחקר והוראה במדע גתאני במדינת ניו-יורק, Johannes Wirz העוסק בחקר דבורים ומרכז את המחקר בגתאנום ו-Wolfgang Schad פרופ' אמריטוס באוניברסיטת Witten-Herdecke בגרמניה.

4. מטרות המחקר

העבודה המוצעת תעסוק בחקר עבודתם של גתאניסטים במאה ה-20 ותבחן עד כמה הם קשורים לדרך המחקר של גתה עצמו ויונקים ממנה, בהשוואה למשנתו האפיסטמולוגית של Rudolf Steiner כפרשנו העיקרי של גתה המדען. המטרה היא גם לסכם את הידע המקובל כיום כ'מדע גתאני' וגם להציג את התמונה של העוסקים בכך, כולל קשריהם החברתיים והפוליטיים ויחסי הגומלין ביניהם ובין הזרם המרכזי במדע. בחינת ההקשרים החברתיים של חוקרים גתאניסטיים חשובה להערכה שיפוטית של עבודתם וגם יכולה להאיר את ההקשר החברתי והפוליטי של המחקר הביולוגי בכלל במהלך המאה ה-20. המדע הגתאני הציג אלטרנטיבה לבעיות מהות בביולוגיה כמו אבולוציה ומקור החיים, מהות החיים ומקומו של האדם בטבע (ראה להלן, הדיון בשאלות המחקר), והמייצגים אותו ראו חשיבות במקומו המוסרי של המדען ובהתפתחותו הרוחנית, למרות שלא כתבו על כך תמיד. ניתן יהיה לבדוק את השפעתו של המדע הגתאני על אלטרנטיבות ביולוגיות אחרות (למשל, תיאוריית גאיה של James Lovelock, או תורת ה-Morphic Field של Rupert Sheldrake), ולמקם את הפעילות הגתאניסטית במרחב המדע הגרמני שבין שתי המלחמות ואחריו. מאחר והמחקר הגתאניסטי-ביולוגי התרחב בגרמניה וגם הסתעף לאנגליה ולארצה"ב במהלך המאה ה-20 במיוחד עם עליית הנאצים לשלטון, אחת המטרות היא להשוות בין העוסקים בכך ביבשת ומחוצה לה, ולבחון את קשרי המחקר והשיתופיות בעבודתם; זאת מאחר וחוקרים רבים עזבו את גרמניה אחרי עליית היטלר לשלטון והעבירו את מרכז הכובד המדעי לאנגליה ולארצה"ב, כשהם מושפעים מהתפתחות הפילוסופיה של הביולוגיה מחוץ ליבשת.

5. שאלות המחקר

- א. מהי ההיסטוריה של המדע הגתאני וכיצד נבנתה הפילוסופיה שלו בתחום הביולוגיה?
כיצד התפתח מבחינה היסטורית המדע הגתאני ומי היו המדענים שנשאו ופיתחו אותו לאחר מותו של גטה?
- ב. האם וכיצד נבנה גבול בין מדע גתאניסטי לבין הזרם המרכזי בביולוגיה?
האם ניתן לאפיין פילוסופיה גתאנית בתחום המדע? והאם אפשר למקמה במסגרת המדע המקובל?
- ג. האם ניתן לאפיין תורת אבולוציה גתאניסטית, ולבחון בצורה שיפוטית את הראיות והעדויות המובאות לאישושה?
מה הם המאפיינים השווים ומה השונים בין פילוסופית המדע הגתאני והזרם המרכזי של מדעי הטבע?
- ד. מהי מקומה של הצעתם של גתאניסטים לתת דגש על אוטונומיה וסימביוזה במדעי החיים בכלל ובאבולוציה בפרט?
האם יש לפילוסופית המדע הגתאני תרומה משמעותית למדעי הטבע בתחום החיים? ואם כן על איזה איכויות מדובר?

5.1 לשאלת תרומתו של מדע גתאני ביולוגי

כאשר ערך שטיינר את כתביו המדעיים של גטה בסוף המאה ה-19, היה הידע בביולוגיה קטן לאין שיעור מהקיים היום, קל וחומר עוד בימיו של גטה עצמו בהם המונח "מדען" עוד לא היה בשימוש, ולא היו קיימים מושגי יסוד ביולוגיים הנלמדים כיום בביה"ס היסודי. במהלך המאה ה-20 התפתח הדרוויניזם במקביל לביולוגיה המולקולרית ולביוכימיה, ונצבר ידע רב בגנטיקה ובענפים אחרים שהביא לביסוס הסינתזה הגדולה בין הגנטיקה לאבולוציה, שנקראת כיום ניאו-דרוויניזם. במקביל עסקו חוקרים גתאניסטים בביולוגיה אחרת, שעניינה היה בעיקר מורפולוגיה משווה, תיאור של אורגניזמים ויחסי הגומלין שביניהם ובינם לסביבתם, תוך התייחסות לתפקידו של המדען החוקר את התופעות עצמן. אמנם, הם גם למדו רבות מראיית הנסתר של שטיינר, ופעלו מתוך הכרה אנטי-מטריאליסטית שעיקרה אחדות הרוח והחומר. אולם בעשייה המדעית שלהם, בשאיפה להוליסם בראיית האורגניזם ובדחיה מרדוקציה בחקר עולם החיים לא היו לבד, וראוי יהיה לסקור את תרומתם של הגתאניסטים לראייה אחרת של הביולוגיה, בהשוואה לאחרים שגם הם חיפשו דרך שלמה יותר מהביולוגיה המולקולרית שתפסה לה מושב במאה ה-20; מדענים כמו Conrad Waddington, שהיה

מקור ההשראה של הגתאניסט Richards Goldschmidt , Cyril Darlington , Brian Goodwin , כמו כן, היו מדענים מעטים בזרם המרכזי, כמו Lynn Margulis, שהציגו תיאוריות אלטרנטיביות והתמידו לחוקרן ולבססן, ומעניין יהיה לבדוק את יחסי הגומלין ביניהן לבין תיאוריות גתאניסטיות. אתאר אותם בקיצור:

Goldschmidt החל דרכו כגנטיקאי בגרמניה בתחילת המאה ה-20 והצליח לתפוס מקום של כבוד כאשר הגנטיקה הייתה שם עדיין בחיתוליה, אך כיהודי נאלץ לעבור לארה"ב ב-1935. הוא ידוע כזה שהעלה רעיונות ראשוניים לגבי ראייה מאוחדת של הגנטיקה, תורת האבולוציה וההתפתחות העוברית עוד בשנות ה-1940. בניסיון להסביר את הפערים שבין קבוצות בעלי החיים בחקר המאובנים, היה גולדשמידט משוכנע כי לא ניתן להסביר במונחים דרוויניסטים (מוטציות קטנות ומצטברות) מעברים או קפיצות בין קבוצות, ויש לחפש את המוטציה הגדולה והנדירה יותר שיכולה לגרום לקפיצות של מקרו-אבולוציה. בשל טענתו זו הפך כמעט כופר בעיני הקהילה המדעית של האבולוציה בשנות ה-1950, וסבל מנידוי בערוב ימיו, למרות שכעת רעיון ה"מפלצת הטובה" (מאחר ובד"כ מוטציה גדולה גורמת למוות, ולכן נקראת מפלצת) נחשב מקובל, ויש מצדדים רבים בהבדל המהותי שבין מקרו למיקרו אבולוציה, כמו גם הגתאניסטים, שנראה כי אימצו רעיון זה אולי רק משום היותו מנוגד לדרוויניזם.

Darlington (1903-1981) שבחר לחקור את הכרומוזום, היה כל חייו דטרמיניסט שהפריד בקנאות בין מדע לערכים, וביטא את רוח זמנו בכך שדבק (תוך קרע פנימי גדל והולך) בראיות המדעיות ודחה כל קשר ביניהן לבין עמדה חברתית או ערכי מוסר, ובכך היה שונה בתכלית מהגתאניסטים. אבל כמוהם, הוא שאף לראייה הוליסטית יותר, וראה בצער כיצד מתחזקים מושג הגן והקוד הגנטי אחרי גילוי מבנה ה-DNA ב-1953 על חשבון הראייה השלמה יותר של אברוני הגרעין. מעניין שכך גם חווה בתחילת דרכו דחייה מהתמקדות מטריאליסטית בכרומוזום ע"ח ראיית האורגניזם השלם (Harman, 2004).

Kurt Goldstein (1939) (בן דודו של Ernst Cassirer שייסד את אסכולת מרבורג לחקר הפנומנולוגיה הטרנסנדנטית הניאו-קנטיאנית והעריך את גתה), הגיע להכרה מלאה של האורגניזם השלם הדומה במהותה לזו של גתאניסטים, זאת מתוך מחקריו על החלמתם של פצועי המלחמה והבנתו את האדם כישות שלמה של גוף ונפש. הוא ראה כיצד גמישותו של המוח האנושי מאפשרת לאדם לפצות על אובדן ברגישות או בתנועה מסוימים, והסיק מכך כי האורגניזם יכול לכוון עצמו לבנייה טובה יותר של עצמו וסביבתו (Harrington, 1996). הוא שאף לשקם את הרפואה הגרמנית של שנות ה-30-1920 ע"י התגברות על הדואליזם הקרטזיאני והחזרת האדם השלם לריפוי המתאים רק לו. ואולם, למרות שינק מגתה רבות, הוא לא פיתח ראייה גתאניסטית של הטבע כולו ורעיונות כמו המטמורפוזה או

הארכיטיפ הדינמי לא פותחו על ידו כפי שנעשה במדע הגתאני (Holdrege, 1999). חוקרים אחרים (עליהם כתבה Harrington, 1996) היו אידאליסטים מדי (כמו Jakob von Uexküll שפיתח את מושג ה-Umwelt לחקר תפיסת האורגניזם כחלק מסביבתו) או מנותקים מדי מחקר טבע (כמו Max Wertheimer הפסיכולוג שתרום להבנת מושג התבניתיות Gestalt) בכדי להשוותם לגתאניסטים.

Lynn Margulis הביאה לראשונה את הרעיון של התפתחות אבולוציונית מתוך סימביוזה ושיתוף פעולה בין אורגניזמים, והצליחה להוכיח כי אברוני התא (מיטוכונדריה, כלורופלסטים) יכולים היו להיות תאי בקטריה שהצטרפו לתא אאוקריוטי. הרעיון של התפתחות המינים מתוך שיתוף פעולה מנוגד לרעיון ההישרדות של המתאימים ביותר במלחמת הקיום, ולכן נדחה באגרסיביות בתחילה, אך כיום הוא מקובל בכל ספרי הלימוד (Margulis, 1999, 2000). Margulis שיתפה פעולה עם Lovelock בעיצוב תורת גאיה על פיה 'הביוספירה', כמערכת בקרה פעילה ומסתגלת, יכולה לשמור על כדור הארץ בהומאוסטזיס (Lovelock & Margulis, 1974), והייתה מורדת בלתי נלאית שהעזה להעלות רעיונות מקוריים ולנסות לאוששם גם אם לא התאימו לפרדיגמות הקיימות. בכך היא מזכירה את אופיו של העיסוק במדע הגתאני, ואמנם רעיונותיה אומצו לא מעט על ידי גתאניסטים (Schad, 2009) אשר עסקו באבולוציה, ומעניין יהיה לחקור את ההקשר ויחסי הגומלין ביניהם.

גתאניסטים התנגדו למחקר שהובילה הביולוגיה הרדוקציוניסטית פיזיקלית של המאה האחרונה למרות שהביאה להישגים, במיוחד לאחר גילוי מבנה ה-DNA ופיצוח הקוד הגנטי באמצע המאה ה-20. עם המעבר למאה ה-21, קיבלו גתאניסטים חיזוק מתכניות מחקר (כמו הגנום האנושי) שלא עמדו בציפיות (Lewontin, 1995; Woese, 2004) ומתיאוריות חדשות המרחיבות את התמונה (Jablonka & Lamb, 2008; Lamm, 2012). בשל כך, יצרו בין היתר פורום לדיון בנושאי הנדסה גנטית והשפעותיה מתוך גישה גתאנית, לא מטריאליסטית והוליסטית (Heaf & Wirz, 2002).

נראה שחקר החיים הגתאניסטי **כיום** קרוב באופן ספציפי יותר לתפיסת האורגניזמים כמערכות ביולוגיות בתחום ה Systems Biology שהתפתח לאחרונה. מייסד הגישה בשנות ה-1950 והראשון שדיבר על כך כי חוקי התרמודינמיקה אינם יכולים לפעול במערכות פתוחות כמו אורגניזמים היה Ludwig von Bertalanffy, אך הלימוד הרשמי של Systems Biology החל מהצגתו של הנושא ע"י Mihajlo Mesarovic ב-1966. בפילוסופיה של הביולוגיה James Griesemer (2000, עמ' 350) למשל, מצדד בתיאורית המערכת הביולוגית ההתפתחותית (DST) הדוגלת בתפיסה של מערכת שלמה בחקר אורגניזמים ביולוגים, והשוללת הענקת 'כוחות-על' לגנים בלבד. תיאוריה זו מדגישה את המשאבים

הנוספים הדרושים להתפתחות האורגניזם מלבד גנים (ציטופלסמה של תא הביצה, למשל), ולוקחת את הישות של האורגניזם כולו כיחידת ההתרבות (הוא מדגיש את מושג ההתרבות בכדי להבדיל ממושג השכפול). זאת בניגוד לפרדיגמה השלטת בשנות ה-1980 בביולוגיה שהייתה מולקולרית בעיקרה, וחיפשה בעיקר **סיבות** במאגר הגנים של האורגניזם ושל המין כולו.

כפי שכתבתי, המחקר הביולוגי התרחב מאד מאד, נוספו פרספקטיבות מחקר רבות והביולוגיה המולקולרית ביחד עם הטכנולוגיה המתקדמת שפותחה 'מיצו את עצמן' (Woese, 2004, 173), עובדות שעודדו מחקר גתאניסטי. מחקרים על תכונות חדשות, emergent properties, במערכות ביולוגיות [כפי שמגדירן Jeffrey Goldstein – תכונות שהן חדשות, דינמיות, נבראות מן השלם ונראות במקרו] גם הם מצביעים על אלטרנטיבה שהיא בכיוון אליו שאפו גתאניסטים. Peter Corning (2013) מביא מאז 1983 את היפותזת הסינרגיזם כהצעה להסבר סיבתי מערכתי והוליסטי להתפתחות מערכות חיות בטבע לאורך האבולוציה, אך נדמה שהתיאוריה (כמו רבות אחרות שהוא מזכיר שמאמר זה) כוללנית מדי ולא פנומנולוגית דיה כפי שהיו רוצים אנשי המדע הגתאני לראות. ככלל, אצטרך לערוך השוואת עומק ורוחב בין המחקר הגתאניסטי לבין אותו צד בזרם המרכזי שעסק בתחום המערכות הביולוגיות השואף לראייה הוליסטית (עסק בכך Rosslebroich, 2011).

תפיסות כוללניות כמו למשל תפיסת הגנום, בה נתפס המערך הגנטי כולו כמנהל את התא ואת התורשה הפכו לנושאי מחקר חשובים בביולוגיה של אחרי שנת 2000 (Lamm, 2012), וכיום כבר יציב מעמדה של האפיגנטיקה החוקרת תהליכי תורשה נוספים מלבד ה-DNA וממדים תרבותיים ואחרים לאבולוציה (Jablonka & Lamb, 2005). מחקרים אלה מצביעים לכיוון חקירתן של מערכות שלמות ונקיטת זהירות ברדוקציות ביולוגיות (כמו התמקדות בגן, אנזים או אברון בתא), ומעניין יהיה למקם את שאלת הביולוגיה של המדע הגתאני ביחס לתיאוריות אלה, ולהראות את ייחודה. נראה למשל כי רק גתאניסטים עסקו באופן עקבי ורציף במחקר הוליסטי של אורגניזמים הרואה בממצאים המולקולריים (כולל DNA) גורמים משניים, בעוד המונח 'מערכת ביולוגית' זר להם, מהיותו קרוב לעולם הטכנולוגי.

כמו כן ההתחשבות בגורמים טלאולוגיים גם היא מאפיין ייחודי גתאניסטי, שאולי לא נמצא יותר בפילוסופיה של הביולוגיה, למרות שהיה, כפי שהזכרתי, אחד המאפיינים החשובים של הפילוסופיה של עמנואל קאנט, ממנה ינק גתה את דרך חשיבתו הביולוגית (Richards, 2002, 445).

5.2 לשאלת האבולוציה במדע הגתאני

Wolfgang Schad, מהגתאניסטים המובילים של המאה ה-20, מציג בספרו 'האדם והיונקים' (1977) גישה מורפולוגית גתאניסטית הממפה את מחלקות היונקים על פי קרבתם לאחד משלושה מאפיינים של האדם, לפי חלוקה שהציע Rudolf Steiner. החלוקה של האדם לשלוש מערכות: ראש (מע' עצבים, חושים) בקוטב אחד, עיכול וגפיים בקוטב שני ומערכת הנשימה והדם כמתווכת ביניהם, הוצגה כהיפותזה ע"י שטיינר, והובאה למבחן תצפיתי מדעי אצל גתאניסטים, בראשם Schad, אשר מצא כי מחלקת היונקים מחולקת לשלוש סדרות שונות באותה צורה: המכרסמים (ראש, מע' עצבים), מפריסי הפרסה (גפיים ומע' העיכול) והטורפים כקבוצת ביניים. כבר בתובנה זו נוקט Schad עמדה אבולוציונית, כשהוא מדגים כיצד האדם משמש תבנית נאוטנית (ראה להלן) שממנה מתפצלים הטיפוסים השונים של היונקים [Schad] ישמש עבורי כמודל למחקר גתאניסטי גם בזכות מחקריו הנוספים].

Schad כתב רבות על סימביוזה ככוח מוביל באבולוציה (למשל, Schad, 2009) כשהוא מבקר את עניוה האמפירית של תורתו של דרווין, את האנתרופומורפיות שלה ואת קישוריה לבעיות החברתיות-פוליטיות. הוא טוען כי ע"פ מחקרים חדשים, ההתקדמות במהלך העידנים לכיוונים של מינים חדשים (מקרו אבולוציה) הייתה בעיקר תוך כדי שיתוף, סימביוזה ואיחוד של גנומים, בעוד השונות בתוך המין (מיקרו אבולוציה) נקבעת כפי הנראה בביררה טבעית, ויש לבחור באיזה גישה להשתמש בכל מחקר. בהתייחסות ביקורתית להשפעה החברתית-מוסרית של הדרוויניזם הוא מצטט את דרווין, שכתב (על הביטוי "מאבק הקיום", לצ'רלס לייל ב-1860.9.26) כי "אם הייתי יכול, הייתי משנה את הביטוי 'סלקציה טבעית' לביטוי אחר כמו 'שימור טבעי'", זאת אחרי שקיבל הערות על הקונוטציה החברתית פוליטית שיכולה להיות לביטויים כגון אלה, שאומצו על ידו מתומאס מלתוס והרברט ספנסר. מגוון הביטויים המיליטריסטיים בביולוגיה של היום רק התרחב מאז היווצרות ה'דרוויניזם החברתי', ע"פ Schad, ויש לדעתו לשאוף לשינוי הביטויים כך שיהיו יותר ניטרליים ופחות אנתרופומורפיים. אלה הן קריאות שאנו שומעים לא רק מגתאניסטים, כמובן, אך מאחר וקריאות דומות היו קיימות אצלם כבר לפני מאה שנים, ארצה לחקור איך התפתחו, מדוע לא התקבלו בביולוגיה של הזרם המרכזי, ומהם ההקשרים החברתיים-פוליטיים להתפתחות זו. נושא נוסף בו עסק Schad הוא הניאוטניות של האדם והוא מתבסס עליה בהצעתו לתורת אבולוציה של האדם, גישה אותה כבר הביאו קודמיו (למשל, Poppelbaum, 1931) וממשיכים לקדם חוקרים כמו Jos Verhulst בבליה.

בתורת האבולוציה שפיתחו גתאניסטים אלה מצוי האדם כתבנית בבסיס פיתוחן של צורות באורגניזמים אחרים, ולא בשיא דרגת ההתפתחות והקדמה לאחר ששרד לכאורה והתפתח מדגמים פחות מוצלחים משלו. רעיון זה בנוי על כך שצורתם של האדם ושל רבים מאיבריו נשמרו במצב ניאוטני, ריטרדי, כלומר רוב האיברים לא הגיעו להתפתחות שלמה המותאמת לסביבה כשלהי כפי שקרה אצל שאר בעלי החיים (Verhulst, 2003). את זאת תיארו אחרים גם לפני הגתאניסטים כמו Karl Snell ו-Louis Bolck, כפי שצינתי. גם Gould (1977) התייחס לנאוטניות כגורם אבולוציוני חשוב ומתאר את התיאוריה של Bolck, אך בעיקר בקשר שבין התפתחות הפרט ששומר על תכונות צעירות לבין השינויים בקצב האבולוציה של מינים בפילוגנזה (heterochrony). ואולם היו אלה כנראה הגתאניסטים שאימצו ראשונים תיאוריה מקיפה שניסתה להסביר אבולוציה על בסיס נאוטניות: האדם הוא היצור הנאוטני ביותר, ולכן נשאר המפגר ביותר בפיתוח תכונות המותאמות לגמרי לנישה אקולוגית או סביבה מסוימת. בתור שכך, שימש האדם לאורך האבולוציה תבנית ממנה התפצלו מינים אחרים. לאורך כל המאה ה-20 הם כתבו על כך והביאו ראיות לחיזוק השקפה זו, תוך הטלת ספק בתורת האבולוציה הדרוויניסטית הלוקחת בחשבון רק מוטציות אקראיות והישרדות של המתאימים ביותר בברירה הטבעית. זוהי אסכולה שרוב חבריה מצוי בגרמניה (הפירוט אצל Schad, 2001) שעסקה גם בצדדים הפילוסופיים של התיאוריה ובהבנייתה על האפיסטמולוגיה של גתה, וגם בהבאת ראיות ותצפיות לאישושה. למשל, Jos Verhulst (1994, 1996, 1999, 2003), חוקר בלגי שעסק בהוראת ביולוגיה גתאנית רוב חייו, פרסם מחקרים בתחום הניאוטניות (Neoteny) של האדם על פיה נותר האדם 'עצמאי' ולא מותאם לנישה אקולוגית מסוימת. בספרו (2003) הוא סוקר את מרבית החוקרים שתמכו בתורה זו, ומביא מאות עדויות ממחקרים, בעיקר מורפולוגיים, המראים כי צורות האיברים באדם נותרו פחות מפותחות, עובריות ופרימיטיביות (retarded).

5.3 לשאלת התפתחות האוטונומיה ע"פ המדע הגתאני

נושא העצמאות של האדם והגדלת האוטונומיה במהלך האבולוציה עולה במאמרים רבים של גתאניסטים, והובא לאחרונה לסיכום מרשים בספר בשם *The Origin of Autonomy* מאת Bernd Rosslenbroich (יצא לאור בהוצאת Springer), פרופ' למורפולוגיה ולאבולוציה באוניברסיטת Witten- Herdeke בגרמניה. הוא עומד בראש המחלקה לאבולוציה באוניברסיטה זו (אותה ניהל לפניו Schad) ומביא בספרו את רעיון האבולוציה מתוך בחינת רמת האוטונומיה שיש לכל קבוצת אורגניזמים. רמת ההתפתחות האבולוציונית של האורגניזם מוגדרת ע"פ היכולת שלו לפעול בצורה יותר

עצמאית בסביבתנו ע"י פיתוח אמצעים לוויסות פנימי, בידוד, עור חזק וכו'. "הבנה של מה שהאבולוציה יצרה במהלך הגדול של התפתחות היצורים השונים" כותב Rosslenbroich בהקדמה, "תהיה חלק הכרחי בפאזל אותו תצטרך להרכיב תורת אבולוציה חדשה וכוללת יותר, ואיך יתכן להבין אבולוציה מבלי לדעת מה היא יצרה?". ספר זה מאגד מאות תוצאות של מחקרים ותצפיות במגוון צמחים ובעלי חיים, וארצה לבדוק בצורה ביקורתית האם הוא בעל חשיבות, האם מקורה של התיזה בגתאניזם, והאם תוכל לעזור בהבנת תהליכי אבולוציה שממילא אין להם מספיק ראיות אמפיריות. נראה לכן כי הגישה לאבולוציה של המדע הגתאני הביולוגי ראויה לבדיקה ולשיבוץ בקונטקסט של ההיסטוריה של הביולוגיה והפילוסופיה שלה, ובעבודה זו מוצע לעשות זאת.

6. תרומת המחקר

ברצוני לבדוק האם המחקר הביולוגי שנערך ע"י גתאניסטים, בעיקר באירופה אך גם באנגליה ובארה"ב, יכול להוסיף נדבך לפילוסופיה של הביולוגיה, והאם ההתפתחות ההיסטורית שלהם יכולה ללמדנו משהו על ההתייחסות המדעית לחיים. זאת בראיית האפיסטמולוגיה המדעית של גתה שתפיסתה הייחודית את האורגניזם תורגמה על ידי Steiner וממשיכיו למחקר הוליסטי של הטבע החי. כמו כן, אם במקביל לניאו-דרוויניזם התפתחה תורת אבולוציה מתוך המדע הגתאני שנדמה כי היא מבוססת ואמפירית, ומציבה רף גבוה של קפדנות מדעית נטולת אנתרופומורפיות ודעות קדומות, אזי יש חשיבות לחקירתה בצורה ביקורתית; גם אם יתכן כי ביולוגים רבים העדיפו להתעלם ממנה (ויש לבדוק עד כמה באמת התעלמו; לא מצאתי ציטוטים לספרות גתאניסטית מחוצה לה) מתוך עיסוק מתמשך בביולוגיה מולקולרית ובחיפוש הקשרים גנטיים לצורות ביולוגיות, לתופעות ולפנוטיפים. שוב, תורה זו, שהתפתחה על בסיס אפיסטמולוגי שהונח על ידי גתה והוגדר מחדש בהרחבה על ידי שטיינר, יכולה להשלים ולהרחיב את הפרדיגמה האבולוציונית הקיימת.

הפילוסופית של המדע Evelin Fox-Keller שהתמחתה בקשרים שבין הביולוגיה לפיזיקה, טוענת (2003) שקשה או אפילו לא ניתן לפענח את התשובה לשאלה "מהם החיים" ולקבל הסברים טובים לכך, בגלל המגבלות הקוגניטיביות האנושיות ובגלל המגוון האדיר של צרכים עליהם הסברים שונים מסוגלים לענות. היא מצאה כי גם אם נדע את כל תכונותיה של ביצית מופרית לא נוכל עדיין להבין ולדעת את האורגניזם הנוצר ממנה. "תהליך יכול להיות לגמרי רציונלי ובהתאמה מלאה לחוקי הפיזיקה והכימיה, אך עדיין לא מובן לנו, אם בגלל המגבלות של מה שאנו קוראים 'הבנה' או הקריטריונים העכשוויים למושג הבנה" (עמ' 297). אחרי מחקר של עשרות שנים בהיסטוריה של ההסברים בביולוגיה, כותבת Fox-Keller כי הצורך בהסבר הוא אנושי בלבד, ולא בטוח שניתן להבין באמת אורגניזם שלם. הגתאניסטים

עשו לפחות צעד משמעותי וארוך טווח לקראת מטרה זו, ולא פסלו או המעיטו בערכו של מידע כלשהו: הן תצפיות מדעיות והן רעיונות לא מטריאליסטיים כאחד. חקר תרומתם לביולוגיה יכול להיות צעד נוסף לכיוון אותו מתווה Fox-Keller. העבודה המוצעת תבדוק דרכי חשיבה אחרות אלה על נושאים כמו גנטיקה ואבולוציה ותמקם אותם בקונטקסט ההיסטורי, זאת מאחר ונדמה כי מתרבים החוקרים בתקופתנו הרואים בתשתית הפנומנולוגית שהניח גתה כלי חשוב להשלמת התמונה המדעית המודרנית (למשל Filler, 2007; Riegner, 2013; Sassoon, 2011).

בנוסף, הפילוסופיה הביולוגית הגתאנית יכולה להביא להתחדשות של הוראת הביולוגיה ולרענון החינוך-למדעים בבתי הספר. מנקודת ראות גתאנית, ההתקדמות של המדע תלויה במטמורפוזה שעובר האדם. אם החינוך המדעי אמור לתמוך בהתפתחות האדם, יהא עליו להעביר את כובד משקלו מלימוד של ידע ללימוד של יכולות ומיומנויות (Holdrege, 2013). החינוך למדעים בביה"ס ובמוסדות האקדמיים הפך לשינון של מאות ואלפי פריטי ידע מתוך ספרי לימוד, והזניח את פיתוח מיומנויות המחקר ואת גיבוש תפיסת העולם של החוקר (Alfiery et al. 2011). למעשה, נושאים אלה לא נמצאים בשיח המדעי, הפילוסופיה שמאחורי המחקר לא נידונה בדרך כלל והעיסוק הוא רק ב"עובדות". עבודה זו יכולה להאיר גם צד זה של מדע גתאני, ולבדוק את תרומתו לחינוך למדעים כפי שנעשה עד כה בבתי ספר ולדורף (Steiner Schools) (Amrine, 2008). לסיכום, תרומתה של עבודה זו יכולה להיות בעידוד השיח הפילוסופי בביולוגיה, בפיתוח מיומנויות מחקר של הלומדים ובהמרצת דיון אמתי במשמעויות החברתיות והפוליטיות של המחקר הביולוגי.

7. שיטת המחקר

העבודה המוצעת תיעשה בעיקר בעזרת הכלים הבאים:

1. חקירת טקסטים מקוריים של גתה הקשורים לביולוגיה, מורפולוגיה ואבולוציה.
2. ראיונות עם גתאניסטים העובדים במחקר ביולוגי ומורים המלמדים מתוך הגישה הגתאניסטית.
3. חקירת כתביהם של כל אלה שעסקו במחקר פילוסופי או אפיסטמולוגי של מדע גתאני ביולוגי, כולל תרגום של מאמרים וספרים חשובים.
4. בדיקה השוואתית של תמונת האבולוציה של גתאניסטים מובילים (מתוך הפרסומים שלהם) למול התמונה המצטיירת מהמחקר העכשווי באבולוציה, עד כמה שהדבר אפשרי (מאחר וההיקף של המחקר בכל הכיוונים האפשריים שלו כיום הוא אדיר).

5. איסוף חומר ביוגרפי מתוך ארכיונים פרטיים וציבוריים בגרמניה ובאנגליה לצורך השלמת התמונה התרבותית, חברתית ופוליטית של אותם גתאניסטים שימלאו את שלד העבודה. החומרים הנ"ל ישמשו לבניית נרטיב היסטורי של המדע הגתאני בתחום הביולוגיה בכלל והאבולוציה בפרט.

8. מבנה העבודה

העבודה תנסה לשלב בין ביוגרפיות מדעיות מובילות לבין התפתחות הפילוסופיה וההיסטוריה של המדע גתאני של הביולוגיה. אסוף מידע אישי בעל ערך על אלה שהובילו את המחקר הביולוגי במכון המחקר של הגתאנום, על אלה שהובילו את המחקר באנגליה (למשל Henri Bortoft כמייצג את הפילוסופיה הגתאנית ו- Brian Goodwin כמייצג ביולוגיה גתאנית) או בארה"ב (למשל, Craig Holdrege). אשלב תיאור ביקורתי של עבודתם של אישים אלה עם תיאור ביוגרפי שלהם, בצורה שתאפשר מבט חברתי-פוליטי-היסטורי על התפתחות הידע המדעי שהפיקו. בצורה זו תתקבל הצגה כוללת שלא מפרידה בין מדע לחברה, ותוכל לאפשר הבנה מעמיקה יותר של המדע הגתאני כתופעה חברתית פוליטית ולא רק כתופעה מדעית מנותקת, מוך ראייה מחקרית, היסטורית ביקורתית. זאת במטרה להישאר נאמן כמה שיותר לתיאור גתאני פנומנולוגי רציני שלא יפגע באמינות ובאמת המצויה בתופעה עצמה ובזמן בו התרחשה, בדיוק כפי שגתה היה רוצה שייראה מחקר כזה אילו הוא היה עורך אותו בעצמו.

9. מקורות וספרות נוספת

1. Alfieri L, Brooks J. Aldrich N. & Tenenbaum H., (2011). Does Discovery-Based Instruction Enhance Learning? *Journal of Educational Psychology*, 103, 1, pp. 1-18.
2. Adams G., (1977). **George Adams**- interpreter of Rudolf Steiner. Henry Goulden (private publisher).
3. Adams, G. & Whicher, O., (1980). **The Plant between Sun and Earth**, Rudolf Steiner Press, London.
4. Amrine F., Zucker F. & Wheeler H. (Ed.), (1987). **Goethe and the Sciences** – a Reappraisal. Boston Studies of the Philosophy of Science, Springer.
5. Amrine, F. (2008). The Philosophical basis of Waldorf Education, *Waldorf Education Research Journal*,
6. Biesta G. J. J. (2010). Why 'What Works' Still Won't Work: From Evidence-Based Education to Value-Based Education. *Stud. Philos. Education*, 29:491–503.
7. Bockemuhl, J. (1992). **Waking up to Landscape**. Goetheanum Press.

8. Bortoft H. (1996), **The Wholeness of Nature**, Floris Books.
9. Bortoft, H. (2012), **Taking Appearances Seriously**, Floris Books
10. Brady, R. H. (1987). Form and Cause in Goethe's Morphology. In: Goethe and the Sciences: A Reappraisal, edited by F. Amrine, F. J. Zucker, and H. Wheeler, pp. 257-300. Dordrecht, Holland: D. Reidel.
11. Brady, R. H., (1982). Dogma and Doubt. *Biological Journal of the Linnean Society*, vol. 17, pp. 79-96.
12. Brady, R. H. (1998). The idea in nature: Rereading Goethe's organics. In D. Seamon & A. Zajonc (Eds.), **Goethe's way of science: A phenomenology of nature** (pp. 83–111). Albany, NY: SUNY Press.
13. Brook, I. (1998). Goethean science as a way to read landscape. *Landscape Research*, 23, 51–69.
14. Cartwright, N., (2000). **The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science**, Cambridge University Press.
15. Corning P., (2013). Systems Theory and the Role of Synergy in the Evolution of Living Systems, *Systems Research and Behavioral Science*, DOI: 10.1002/sres2191.
16. Cassirer Ernst, (1950). **The Problem of Knowledge** (New Haven: Yale Uni. Press, 1974)
17. Dahlin, B. (2001). The Primacy of Cognition – or of Perception? A Phenomenological Critique of the Theoretical Bases of Science Education. *Science & Education* 10: 453–475, 2001.
18. Dahlin, B. (2003). The Ontological Reversal: a figure of thought of importance for science education. *Scandinavian Journal of Educational Research*, Vol. 47, No. 1, 2003
19. Dahlin, B., Østegaard E., and Hugo A., (2009). An Argument for Reversing the Bases of Science Education - A Phenomenological Alternative to Cognitionism. *NorDiNa*, 5, 2.
20. Derbidge R., Feiten L., Conradt O., Heusser P. and Baumgartner S., (2013). Assessment of Shape Changes of Mistletoe Berries: A New Software Approach to Automatize the Parameterization of Path Curve Shaped Contours. *PLoS ONE* 8(4): e60522. doi: 10.1371/journal.pone.0060522
21. Dornelas, M. C., & Dornelas, O. (2005). From leaf to flower: Revisiting Goethe's concepts on the "metamorphosis" of plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17, 335–343.
22. Davy John, (1985). **Hope, Evolution and Change**- selected works. Hawthorn Press.
23. Dawkins, R., (1989). **The Selfish Gene**. Oxford Uni. Press.
24. Eckermann Johan Peter, (1850). **Conversations of Goethe with Eckermann and Soret**. Smith, Elder & Co, London.
25. Edwards L., (1993). **The Vortex of Life**- Nature's Patterns in Space and Time. Floris Press, Edinburgh

26. Filler Aaron, (2007). **The Upright Ape** - a New Origin of Species, New Page Books, NJ, USA
27. Fink, Karl J., (1991). **Goethe's History of Science**, Cambridge, Cambridge University Press,
28. Flannery M. C. (2005). Goethe and the Molecular Aesthetic, *Janus Head*, 8(1), 273-289.
29. Fox-Keller E. (2005). The Century beyond the Gene. *Journal of Biosciences*. 30, 3-10.
30. Gieryn, Thomas F. **Cultural Boundaries of Science: Credibility on the Line**. Chicago: University of Chicago Press, 1999.
31. Goodwin, B.C., (1994). **How the Leopard Changed Its Spots**. Weidenfeld & Nicolson, London.
32. Goodwin, B.C., (2007). **Nature's Due: Healing Our Fragmented Culture**. Floris Books.
33. Goethe, J. W. von (1790). **The metamorphosis of plants**. G. L. Miller (Introduction and Photography, 2009). Cambridge, MA: MIT Press.
34. Goethe, J. W., (1830, 2006), **Theory of Color**, Dover Publications, Inc. Min. USA
35. Goethe, J. W., (1995). **The Scientific Studies**. (Miller d. Trans. & Ed.). Princeton Uni. Press.
36. Goethe, J. W., (1996). **Goethe on Science**, selected by Jeremy Naydler, Foris Books
37. Gould S.J., (1977). **Ontogeny and Phylogeny**, Cambridge MA: Belknap Press of Harvard University Press.
38. Gould, S. J. & Lewontin R., (1979). The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme". *Proc. R. Soc. Lond., B, Biol. Sci.* 205 (1161): 581–98
39. Goldstein, K. (1939, 1963). **The organism: a holistic approach to biology derived from pathological data in man**. Beacon Press, Boston.
40. Griesemer, J. (2000). Development, culture and the units of inheritance. *Philosophy of Science*, 67, S348–S368.
41. Harman O., (2004). **The Man who Invented the Chromosome – A Life of Cyril Darlington**. Harvard Uni. Press.
42. Harrington Anne, (1996). **Re-enchanted Science**, Holism in German Culture from Wilhelm II to Hitler, Princeton U. Press.
43. Heaf D. & Wirz J. (Ed.) (2002). **Genetic Engineering and the Intrinsic Value and Integrity of Animals and Plants**. Proceedings of a Workshop at the Royal Botanic Garden, Published by *Ifgene – International Forum for Genetic Engineering*, Edinburgh, UK.
44. Hoffmann N., (2007). **Goethe's Science of Living Form – The Artistic Stages**. Adonis Books.
45. Holdrege Craig, (1996), **Genetics and the Manipulation of Life**, Lindisfarne Press.

46. Holdrege C., (1998). The sloth: a study in wholeness. Newsletter of the *Society for the Evolution of Science*, 14:1-25. Also in <http://natureinstitute.org/nature/sloth.htm>
47. Holdrege C., (1999). Seeing Things Right-side Up: The Implications of Kurt Goldstein's Holism. *In Context 12*, The Nature Institute.
48. Holdrege C., (2013). **Thinking like a Plant**. Lindisfarne Books, NY.
49. Husserl Edmund, (1905). **The Crisis of European Sciences** and Transcendental Phenomenology trans. David Carr (Evanston, 1970).
50. Jablonka Eva & Lamb Marion J., (2008). **Evolution in Four Dimensions**, Am Oved, Tel-aviv.
51. Keith Francis, (2012). **Rudolf Steiner and the Atom**. Adonis Press.
52. Kranich E. M., (1999). **Thinking Beyond Darwin**. Lindisfarne Books, NY.
53. Lamm EHUD, (2012). **Inheritance Systems**. In The Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2012
54. Lambert D., Chetland C. & Millar C., (Ed.), (2013). **The Intuitive Way of Knowing: A Tribute to Brian Goodwin**. Floris Books.
55. Lanza R. & Berman R., (2009). **Biocentrism**. Benbella books, TX. USA.
56. Lewontin, R. C., (1995). "Genes, environment and Organisms", in: Hidden Histories of Science. London: Granta Books, pp. 115-139.
57. Lockley Martin & Morimoto Ryo, (2010). **How Humanity Came into Being – The Evolution of Consciousness**. Floris Books.
58. Lovelock, J.E.; Margulis, L. (1974). Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: the Gaia hypothesis. *Tellus*, 26 (1–2): 2–10.
59. Margulis L. (1999). **Symbiotic Planet: A New Look At Evolution**. Basic Books.
60. Margulis L. & Sagan D., (2000). **What Is Life?** Uni. Of California Press.
61. Maynard-Smith, J., & Szathmáry, E. (1995). **The major transitions in evolution**, Oxford: Oxford University Press.
62. Mayr E, (1988). **Toward a new philosophy of biology: Observations of an evolutionist**. Harvard University Press.
63. Noble D., (2006). **The Music of Life: Biology beyond the Genome**. Oxford press.
64. Oberski, I., (2003). A Goethean way of seeing inclusively? *Eur. J. of Special Needs Education*, Vol. 18, No. 3, pp. 333–340.
65. Østegaard E., Dahlin, B., and Hugo A.(2008). Doing Phenomenology in Science Education: A Research Review. *Studies in Science Education*, 44, 2, 93-121.
66. Owen, R. (2007). On the nature of limbs: A discourse (1849). Chicago: University of Chicago Press.
67. Poppelbaum Hermann, (1931). **Man and Animal- Their Essential Difference**. Anthroposophic Press, NY.

68. Richards J. R. (2002). **The Romantic Conception of Life**, Science and Philosophy in the Age of Goethe. Uni. Of Chicago Press.
69. Richards J. R. (?) Did Goethe and Schelling Endorse Species Evolution?
70. Riegner, Mark F. (2013). "Ancestor of the New Archetypal Biology: Goethe's Dynamic Typology as a Model for Contemporary Evolutionary Developmental Biology," *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*.
doi:10.1016/j.shpsc.2013.05.019
71. Rosslenbroich Bernd, (2011). Outline of a concept for organismic systems biology. *Seminars in Cancer Biology* 21, 156– 164.
72. Rosslenbroich Bernd, (2014). **The Origin of Autonomy**. Springer Press.
73. Sassoon J., (2011). Goethe's Scientific Method: its growing relevance in current science. *Worthattention.com*.
74. Schad W. (1977). **Man and Mammal**. The Waldorf Press, NY.
75. Schad, W. (1982). Die Vorgeburtlichkeit des Menschen- Der Entwicklungsgedanke in der Embryologie (Human Prenatality). *Urachhaus*, Stuttgart.
76. Schad, W. (1985). Scientific Thinking as an Approach to the Etheric, in *Toward a Phenomenology of the Etheric World*, Ed. Jochen Bockemuhl. Anth. Press, Inc. Spring Valley, NY.
77. Schad W. (1993). Heterochronical patterns of evolution in the transitional stages of vertebrate classes, *Acta Biotheoretica*, 41, 4, 383-389.
78. Schad W. (2009). Evolutionary Biology Today – a Contribution to the Darwin year 2009, 150 years for the publication of 'on the Origin of the Species'. *Archetype*.
79. Schad W. (2002). What is Goetheanism? *Archetype*, (first published in German in 2001 in *Ticho de Brahe Jahrbuch fur Goetheanismus*).
80. Seamon, D., & Zajonc, A. (Eds.). (1998). **Goethe's way of science: A phenomenology of nature**. Albany, NY: SUNY Press.
81. Sean, C., (2005). **Endless Forms Most Beautiful**, W. W. Norton & Co. NY.
82. Sepper, D. L., (1988). **Goethe Contra Newton - Polemics and the project for a new science of color**. Cambridge Press.
83. Simms, Eva-Maria, (2005). **Goethe, Husserl, and the Crisis of the European Science**. *Janus Haed*.
84. Steiner Rudolf, (1988). **Goethean Science**, Mercury Press.
85. Spinoza Benedictus (1663). Letter XV to the secretary of the British Royal Society, Henry Oldenberg. P. 291.
86. Suchantke Andreas, (2001). **Eco-Geography – What we See when we Look at Landscapes**. Lindisfarne Books, NY.
87. Suchantke Andreas, (2009). **Metamorphosis**, Adonis Press

88. Tantillo, A. O. (2002). **The will to create: Goethe's philosophy of nature.** Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press.
89. Theissen G, Saedler H., (2001). Floral quartets. *Nature* 409: 469–471
90. Teichman, F. (2005). The Emergence of the Idea of Evolution in the Time of Goethe. *Research Bulletin*, 11.
91. Van der Bie, Guus, (2012). **Wholeness in Science.** Bolk's Companion for the Practice of Medicine. Louis Bolk Inst.
92. Verhulst Jos, (1994). Speech and the Retardation of the Human Mandible: A Bolkian View. *J. Social & Evolutionary systems*, 17 (3), 307-337.
93. Verhulst Jos, (1996). Atavisms in Homo Sapiens: A Bolkian Heterodoxy Revisited. *Acta Biotheoretica*. 44, 59-73.
94. Verhulst Jos, (1999). Bolkian and Bokian Retardation in Homo Sapiens. *Acta Biotheoretica*. 47 (1), 7-28.
95. Verhulst Jos, (2003). **Developmental Dynamics** in Human and Other Primates, Adonis Books.
96. Wachsmuth G., (1927). The Evolution of the Earth. Cosmogony and Geology, An Organic Becoming. Anthroposophical Philosophisch-Verlag, Dornach 1950.
97. Webster G. & Goodwin B. C. (2011). **Form and Transformation: Generative and Relational Principals in Biology.** Cambridge Uni. Press.
98. Whicher Olive & Adams George, (1952). **The Plant between Sun and Earth,** Clent, London.
99. Whicher O., (1971). **Projective Geometry-** Creative Polarities in Space and Time. Rudolf Steiner Press, London.
100. Woese, C. R., (2004). A new biology for a new century. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 68, 173–186.
101. Zajonc Arthur, (1993), **Catching the Light,** Oxford Uni. Press
102. Zajonc Arthur, (2009), **Meditation as Contemplative Inquiry,** Lindisfarne Books, Ill. USA
103. לנגוצקי עילם (1993), תפקידו וייעודו של הניסוי המדעי ב"תורת הצבעים" של גתה. עבודת גמר לתואר שני, המכון להיסטוריה ופילוסופיה של המדעים ע"ש כהן, ת"א.
104. שטיינר, רודולף (2000). **תורת ההכרה,** כפי שבאה לידי ביטוי בתורתו של גתה. הוצאת תלתן.