

Sejtmetaforák adatolása és vizsgálata

Megjegyzések a metaforák tudományos tudásátadásban játszott szerepéhez¹

Csatár Péter
Majoros Krisztián

1. Problémafelvetés

A metaforák tudományban betöltött szerepének kutatásában két, egymástól nem mindig elválasztható felfogással találkozhatunk. Vannak tudósok, főként filozófusok, akik azon a véleményen vannak, hogy a metaforák már a tudományos ismeretek kialakításában, vagyis a megismerés folyamatában is döntő jelentőségűek, és ezért a kreativitás egyik alapvető megnyilvánulásaként tekintenek rájuk. A metaforizáció ebben a felfogásban olyan kognitív szükségszerűségként fogható fel, amely nélkül bizonyos területeken nem is lehetséges ismeretszerzés (pl. Black 1962, Lakoff és Johnson 1980, Lakoff 1987, Arbib és Hesse 1986). Mások – így a jelen tanulmány szerzői is – egy mérsékeltebb álláspontot képviselnek, és – nem vitatva az erősebb álláspont lehetőségességét – azt állítják, hogy a metaforák általában is, de a tudományban különösen, a tudás közvetítésében játszhatnak fontos szerepet. Olyan nyelvi eszközként tekintünk rájuk, amelyek – talán éppen a kognitív alapjaik révén – különösen alkalmasak arra, hogy a tudásközvetítés eszközei legyenek.

A metaforáknak a tudásközvetítésben játszott szerepét a modern sejtbőlógia metaforáinak elemzése révén világítjuk meg. Mint azt látni fogjuk, a molekuláris sejtbőlógia olyan tudományág, amelyben nagyszámú metaforikus nyelvi kifejezéssel találkozhatunk, és amelyeket pontosan azoknak a folyamatoknak a szemléltetésére használnak a biológusok, amelyek komplexitásuknál fogva nehezen áttekinthetőek. A vizsgálódások azt mutatják, hogy e metaforák használata nem véletlenszerű, hanem éppúgy rendszert alkotnak, mint azok a sejtszintű folyamatok, amelyeket szemléltetnek. A sejtbőlógiában fellelhető metaforarendszerek elemzésével azonban nem pusztán magát azt a közismert vélekedést szeretnénk igazolni, hogy metaforákkal a tudományos művekben is találkozhatunk, illetve hogy használatuk nem partikuláris célokat, hanem nyilvánvalóan az ismeretek átadását és azok könnyebb megértését is szolgálja. A modern sejtbőlógia története arról tanúskodik, hogy a széles körben

¹ A publikáció elkészítését az OTKA K77823-as számú projektje támogatta.

ismert nézet, mely szerint a tudományos paradigmaváltással gyökeresen megváltozik a tudományos kutatás nyelve, és ezzel a metaforák is kicserélődnek, legalábbis felülvizsgálatra szorul (Arbib és Hesse 1986: 156, Kuhn 1993: 539).

Mint látni fogjuk, egyfelől nem igazolható vissza, hogy a sejtbiológiában bekövetkező alapvető változások (a gének felfedezése) együtt járnának a sejtekre vonatkozó metaforák lecserélődésével, azaz a régi metaforák továbbra is használatban maradnak. Másfelől viszont tapasztalhatók olyan változások a sejtbiológiai művek metaforahasználatában, amelyek lezajlásának okai és mozgatórugói valószínűsíthetően nem a tudomány belső folyamataiban, hanem a tudomány közegét képező társadalmi tényezők átalakulásában gyökereznek.

2. Módszertani alapok és korpusz

Drewer nyomán (Drewer 2003: 47–51) különbséget teszünk valódi és fiktív modellek között. A modellek közötti különbségtétel alapja az, hogy a valós modellek, ha leegyszerűsítve is, de a leírandó eredetit természetűen és konkrétan megfogható realitásként adják vissza. Ilyen például, amikor egymáshoz arányosan viszonyítva kisebb vagy nagyobb gömbökkel modellálják a Naprendszerben bolygók és a Nap egymáshoz viszonyított helyzetét vagy nagyságát. Ezzel szemben a fiktív modellek rugalmas, tisztán gondolati konstrukciók, amelyek produktívan továbbfejleszthetők, és csak verbalizált formában realizálódnak. Ebben az értelemben az itt megvizsgálandó metaforikus modellek olyan fiktív modelleként foghatók fel, amelyek nyelvi megvalósulásai (tehát metaforikus nyelvi kifejezések formájában) hozzáférhetők. Metaforán a továbbiakban olyan jelentésátvitelen (projekción) alapuló azonosítást értünk, ahol egy fogalom (céltartomány) jelentéstartalma egy másik fogalom (forrástartomány) jelentéstartalmán keresztül válik megragadhatóvá, és ez a kapcsolat valamilyen formában, legtöbbször nyelvileg is, realizálódik.²

A következőkben az egyetemi oktatás számára készült sejtbiológiai tankönyvek metaforikáját elemezzük azzal a céllal, hogy feltárjuk a „szisztematikus összefüggéseként” (Jäkel 1997: 151) definiált metaforikus modelleket a sejtbiológiában. Ezek a szisztematikus metaforikus modellek jelentik majd a kiindulópontot a következő vizsgálati kérdés megválaszolásában: milyen változások következtek be a sejtbiológiai tankönyvek

² A metafora fogalmának ez a definíciója nyilvánvalóan további pontosításra szorulna. Azonban a tanulmány vizsgálati kontextusában elegendő ez a közelítő meghatározás. A fenti metaforafogalom sok szempontból kötődik a Lakoff és Johnson szerzőpárhoz köthető fogalmi metaforaelmélethez. Ehhez lásd a 4. számú lábjegyzetet.

metaforahasználatában, és ezek a változások mennyiben korrelálnak a tudományágon belül bekövetkezett változásokkal. A válaszok alapján pedig hipotéziseket fogalmazunk meg arra nézve, hogy a tudományos elméletalkotáson kívüli milyen egyéb tényezők játszhattak szerepet a metaforahasználat átalakulásában.

Vizsgálódásaink terepe, az adatok forrása a molekuláris sejtbiológia. A molekuláris sejtbiológia a biológia egy jól körülhatárolható és kifejezetten fiatal tudományterülete, ami tulajdonképpen az ötvenes években, a DNS szerkezetének felfedezésével, a genetikai kód megfejtésével keletkezett, habár már a XVII. századtól beszélhetünk úgy a sejtről, mint a biológiai kutatás tárgyáról.³ A sejt felépítése és életfunkciói a biológia még ma is intenzíven kutatott területei közé tartoznak, számos publikáció és könyv születik a témában.

A sejtbiológia metaforikájával foglalkozó szakirodalom ugyanakkor nem túl terjedelmes. Az általunk elvégzendő vizsgálódások szempontjából kiváló kiindulópontot jelent Liebert a vírusfertőzésről szóló tanulmánya (Liebert 1995). Liebert munkája, amely a fogalmi metaforaelmélet keretében fogant, arra a következtetésre jut, hogy a sejt SZÁMÍTÓGÉP VEZÉRELTE GYÁRTÓBERENDEZÉS (Liebert 1995: 13).⁴ Általánosságban pedig azt is megállapítja, hogy a tudósok metaforahasználata erőteljesen függ a célközönségtől: Minél kevésbé beavatott a célközönség, annál konkrétabbak lesznek a modellek (Liebert 1995: 16). Noha a sejt általánosságban jellemezhető úgy, mint számítógép által vezérelt gyártóberendezés, de – mint ahogy jelen tanulmány empirikus adatai segítségével kimutatható – ez a kép jelentős mértékben differenciálható, illetve differenciálendő. Ha a tudománytörténeti változásokat is tekintetbe vesszük, nézetünk szerint célszerűbb a sejtet mint SZÁMÍTÓGÉP VEZÉRELTE IPARVÁROS-t leírni, ahol a gyártóberendezés csak egy, bár valóban meghatározóan fontos részét képezi ennek a komplex struktúrának.

³ A sejtbiológia történetéről lásd Junker (2004).

⁴ A metaforikus modelleket, valamint a mentálisan tárolt fogalmi struktúrákat a fogalmi metaforaelmélet nyomán NAGYBETŰVEL szedjük. A fogalmi metaforaelmélet alapvetéséhez lásd Lakoff és Johnson (1980), Lakoff (1993), illetve Kövecses (2005) műveit. Tanulmányunk több szálon is kapcsolódik a lakoffi elmélethez, ez ugyanakkor nem jelenti azt, hogy minden tekintetben egyetértünk vele. Azzal is tisztában vagyunk, hogy története során nagyon sokféle irányból kritizálták az elméletet: fogalomhasználatának pongyolasága miatt (Vervaeke és Kennedy 1996), a modell pszichológiai realitása miatt (Murphy 1996, 1997), az érvelésének körbenforgó volta (McGlone 2001), valamint módszertanának hiányosságai miatt (Stefanowitsch 2006). Ezekhez összefoglalóan lásd még Kertész és Rákosi (2008), valamint Csátár (2009) tanulmányait.

Az elemzett adatok forrásául egyetemi tankönyvek szolgálnak, amelyek elsősorban egy beavatottabb célközönség számára íródtak. Johannes Haas *Physiologie der Zelle* c. műve, amit tanulmányunkban elsőként elemzünk részletesebben, 1955-ből származik, tehát csak kb. két évvel Watson és Crick – a DNS szerkezetéről szóló – úttörő jelentőségű cikkének megjelenése után adták ki. Nem csoda tehát, hogy ebben a műben még nem érzékelhető az új felfedezés hatása. A másik két tankönyv, E.J. Ambrose és D.M. Easty *Zellbiologie* c. műve 1974-ből és Gerald Karp sejtbiológiája 2005-ből azonban már egyértelműen ennek a jelentős paradigmaváltásnak a tükrében íródott.

3. A modern sejtbiológia metaforarendszerei

3.1. A SEJT IPARVÁROS

A citológia tudománya által vizsgált sejt csekély mérete ellenére nagyon bonyolult képződmény, amely több alkotóelemre osztható fel, különböző életfunkciói pedig bonyolult rendszert alkotnak. A sejtben lejátszódó folyamatok szabad szemmel nem láthatók, létezésük csak indirekt módon, bizonyos kísérletek eredményeképpen igazolható. Az ezeket az ismereteket bemutató sejtbiológiai tankönyvekben számos metaforikus nyelvi kifejezéssel találkozunk, amelyeknek az a funkciója, hogy szemléletességükkel és szisztematikus használatukkal egyfajta megértési modellt nyújtsanak az olvasó számára. A leggyakrabban előforduló és a bemutatandó folyamatok szempontjából legfontosabb metaforákat rendszerbe is lehet foglalni: A SEJT IPARVÁROS.⁵

A különböző metaforák között, amelyek segítségével a sejt felépítése és életfunkciói szemléltethetők, és amelyek rendszerszerű összefüggésben állnak egymással, kimutatható egyfajta hierarchia, azaz a sejt céltartományként való metaforizációjával egy komplex metaforarendszer alakul ki. Ez a metaforikus modell több elemből áll, amelyek különböző mértékben kidolgozottak, ám mindegyik illeszkedik az átfogó metaforikus modellbe. Az elemek alapjául itt is metaforikus megfelelések szolgálnak:

⁵ Ennek a metaforikus modellnek (IPARVÁROS forrástartománnyal) a lefektetése önkényesnek tűnhet, mert az A SEJT EGY VÁROS modellt is vehettük volna. Figyelembe kell venni azonban, hogy az adatok kiértékelésénél, tehát a metaforikus nyelvi kifejezések csoportosításánál és végül a metaforikus modell megalkotásánál a leginformatívabb fogalmi síkot céloztuk meg. Sok alárendelt metafora megléte motiválja ezt a választást, amelyek közül munkánkban nem mindegyikről esik szó. Nem beszélünk itt például a mikrotubulusokról, (specifikus fehérjék), amelyek az intracelluláris transzport s í n j e i k é n t funkcionálnak, és amelyeken speciális m o t o r f e h é r j é k segítségével különböző molekulák u t a z n a k , ill. s z á l l í t ó d n a k .

A MITOKONDRIUM ERŐMŰ és A VAKUÓLUM RAKTÁR. Ezek a metaforák állnak például a következő metaforikus nyelvi kifejezések háttérében:

- (1) Ein Spermium bezieht die *Energie* seiner Bewegungen aus *ATP*, das in Mitochondrien *produziert* wird [...] Mitochondrien als *Energieumwandler*. (Karp 2005: 235)
- (2) Mitochondrien werden oft als winzige *Kraftwerke* bezeichnet. (Karp 2005: 245)
- (3) Pflanzenvakuolen sind einfach *gebaut* [...] Viele gelöste Stoffe und Makromoleküle der Zelle [...] werden *vorübergehend* in der Vakuole *gespeichert*. (Karp 2005: 245)
- (4) [...] *benutzen* sie die Vakuole, um solche *Abfallstoffe* von der übrigen Zelle zu *trennen*. (Karp 2005: 398)

A MITOKONDRIUM ERŐMŰ és A VAKUÓLUM RAKTÁR metaforák úgy írják le a mitokondriumot, mint a sejt erőművét, amivel az energiát termel, és a sejtben lejátszódó összes mechanizmus ezt az energiát használja fel a működéshez. Egy sejtben általában több mitokondrium található, mint ahogy egy városban is több energiatermelő egység, erőmű üzemelhet egyszerre. Ezt a metaforát tovább is lehetne bontani. Az ATP, az általános energiátároló molekula például a villanyáramnak felelhetne meg, ami az erőműben keletkezik, és a város minden pontján felhasználásra kerül. Mint ahogy a (2) példa is mutatja, ez az elsőként említett metafora explicit módon is kifejeződik nyelvileg. A (3) és (4) példában az ún. vakuólumról van szó. A vakuólumok olyan, kizárólag növényi sejtekre jellemző sejtiszervecskék, amelyek gyakorlatilag membránnal körülvett „zsákok” és egy bizonyos, a sejt által termelt anyagot pl. keményítőt raktároznak. A vakuólum funkciója tehát a sejt által előállított, valamilyen (m e l l é k) t e r m é k tárolásában merül ki.

Mindkét metafora illeszkedik egy nagyobb egységbe, A SEJT IPARVÁROS metaforikus modellbe, ami a t e r m é k (e k) metaforikus nyelvi kifejezése háttérében áll. Az ilyen és ehhez hasonló fogalmak, mint pl. a szintézis, gyakran előfordulnak a sejtbiológiai szakszövegekben. A *szintézis* szó olyan tevékenységet vagy folyamatot szokott jelölni, amelynek az eredménye maga a termék lesz. A következő fejezetben megmutatjuk, hogy ez a felfogás a sejtről már az ötvenes években is általánosan elterjedt volt, és az ezt bizonyító metaforikus nyelvi kifejezések már a korabeli szakirodalomban is kimutathatók. Ennek a megállapításnak

Johannes Haas 1955-ben kiadott művében fellelhető metaforikus kifejezések adnak alapot.

3.1.1. A FEHÉRJESZINTÉZIS TERMELÉS

Köztudott, hogy a fehérjék központi szerepet játszanak a sejt működésében. Ezek talán az élő szervezetek legfontosabb építőelemei, és sok közülük aktív funkciót is képes betölteni (enzimek). Tulajdonságaikat és különböző funkciójukat folyamatosan kutatják, és minden molekuláris sejtbiológiáról szóló tankönyvben részletesen olvashatunk róluk.

Bár a sejt életfolyamatai közel sem csak a fehérjék előállításában merülnek ki, a legtöbb metaforikus példát mégis azokban a fejezetekben találjuk, amelyek a fehérjeszintézisről szólnak. Haas 1955-ben megjelent könyvében a sejtben lejátszódó bioszintézis már ipari tevékenységként jelenik meg. A szerző a bioszintézis *t e r m é k e i r ő l*, valamint specifikus *enzimek k ö z r e m ű k ö d é s é r ő l* beszél. Szerinte minden sejtben található egy általános *a n y a g - é s é p í t ő - l e m - t a r t a l é k* (Haas 1955: 398).

Ezen kívül létezik egy sor más metaforikus nyelvi kifejezés is, amelyek a FEHÉRJESZINTÉZIS TERMELÉS metaforarendszer létezését támasztják alá, valamint kiemelik a folyamat időbeliségét is: *k i i n d ű l á s i a n y a g o k*, *k ö z t e s t e r m é k e k*, *v é g t e r m é k e k*.

Az enzimek ilyen kontextusban való említésével egy új metaforához jutunk. Az enzimek így válnak *d o l g o z ó k*-ká, akik a termelési folyamatban közreműködnek. Az egyik enzim *h a s í t j a*, a másik *ö s s z e k ö t i* a molekulákat stb. Meg kell azonban említeni, hogy az ENZIM céltartományhoz nemcsak a DOLGOZÓ forrástartomány társítható, hanem a GÉP is. Erre utal pl. az *enzimkészlet szó*.

Haas tankönyvében a fehérjék és más anyagok termelésének egyfajta rendezettsége is megjelenik:

- (5) Es sieht so aus, als ob durch die schon vorhandene Stärkemolekel der *Bauplan* für die zu bildende Kettenmolekel geliefert werden sollte. (Haas 1955: 402)

A szintézis tehát nem véletlenszerűen történik, létezik ugyanis egy *é p í t é s i t e r v*, amit a makromolekulák felépítésekor a sejtnek követni kell. A fehérjék termelése olyan *m e c h a n i k u s f o l y a m a t k é n t* íródik le, amely gondosan meg van tervezve és *m o d e l l e k*, *m i n t a d a r a b o k* alapján zajlik:

-
- (6) Die folgenden Ausführungen erörtern zunächst den Sitz der Proteinsynthese in der Zelle, sodann den *Mechanismus dieses Prozesses selbst*. (Haas 1955: 404)

A proteinszintézis irányításának magyarázata ebben a metaforarendszerben a különböző mintadarabok jelentőségének hangsúlyozására korlátozódik, mintha egy mintadarab (egy már kész fehérjemolekula) lenne a fehérjék termelésének az alapja.

Ez a szigorúan leszabályozott gyártási eljárás, melynek leglényesebb eleme a mintadarab, a vírusfertőzés értelmezésével is jól összevethető. Minden vírusfertőzés lényege abban áll, hogy a vírus a saját fehérjét a megfertőzött sejttel termelteti meg, mert erre nincsenek saját eszközei. A metaforizáció eredményeként vírusfertőzés úgy jelenik meg, mint zavar a gyártási folyamatban, amikor is a vírus hibás mintadarabot mutat a sejtnak. Mivel a sejt termelőegységei rossz mintadarabokkal dolgoznak, a sejt szempontjából hibás és ezért használhatatlan fehérjetermékek keletkeznek, amik viszont a vírus fehérjeburkának részeit képezik.

- (7) Dabei regt das Virus die Zelle zu einer lebhaften Eiweißsynthese an; sie *produziert* dann kaum noch eigene Nucleoproteide, sondern nur noch fremde. Es ist, als ob das *falsche Muster* der Proteinsynthese in eine andere, falsche Bahn gedrängt worden wäre. (Haas 1955: 405)

A sejtblológia későbbi kognitív modelljeiben alapvetően megváltozik ez a felfogás, és a vírusfertőzés fogalma újraértelmeződik a fehérjeszintézis újabban meghonosodott metaforarendszerében. A vírusfertőzésről később mint á t p r o g r a m o z á s -ról fognak beszélni.

3.1.2. AZ ANYAGOK CSERÉJE KERESKEDELEM (AZ IPARVÁROSBAN ÉS AZ IPARVÁROSOK KÖZÖTT)

A SEJT MINT IPARVÁROS modell a mechanikusság, a specifikus enzimek tevékenysége és a mintadarabok segítségével történő irányítás mellett más elemeket is tartalmaz. Ezek – mint például a következő példában szereplő antigének – a végtermékek szállítására és raktározására szakosodtak:

- (8) Eine Möglichkeit bestünde in einem einfachen *Transport von einer Stelle zu anderen*; eine andere wäre die *Zusammenlagerung* der kleineren Teilchen zu großen [...]. (Haas 1955: 408)

Az élő szervezetben a sejtek ugyanis szoros kapcsolatban állnak egymással, az egyes sejtek kicserélik egymással termelt anyagaikat. A különböző molekulák egyik sejtsejtszervecskéből a másikba, a sejtmagból a citoplazmába vagy éppen egyik sejtől a másikba szállítódnak. A szállítás hólyagok (vezikulumok) segítségével vagy specifikus utakon történik, amelyek ugyancsak fehérjékből állnak. Ilyen módon inter- és intracelluláris transzportról, exportproteinekről, transzportreceptorokról stb. beszélhetünk. A különböző anyagok cseréjének leírása tehát egy új forrástartomány segítségével történik: AZ ANYAGOK CSERÉJE KERESKEDELEM (AZ IPARVÁROSBAN ÉS AZ IPARVÁROSOK KÖZÖTT).

3.1.3. A RIBOSZÓMA GÉP

A metaforikus gondolkodás egy másik figyelemre méltó példája az ötvenes évek sejtbiológiájában a fehérjeszintézis matricaelmélete. Úgy tekinthetünk rá, mint a fehérjeszintézis mintadarab használatán alapuló irányításának továbbfejlesztett változatára. Ennek az újabb felfogásnak az a megfigyelés képezte az alapját, hogy a proteinek monomolekuláris, két dimenziós filmek képzésére képesek. Az elmélet szerint ezek a filmek kettőződnek meg a proteinszintézis során, és ezen a módon keletkeznek új fehérjemolekulák (Haas 1955: 410-412). Ebben a hipotézisben megmarad az a feltevés, hogy egy új fehérjemolekula képzéséhez már kész molekulára van szükség, ami alapján az új fel tud épülni, de ez a metaforizáció már jelentős mértékben specializálódott. A matricaelmélet alapján az újonnan képződött fehérjemolekula nem más, mint egy már előtte meglévő molekula pozitív lenyomata, a nukleinsavak ezzel szemben negatív matricaként viselkednek a fehérjeszintézis során:

- (9) Wenn ein *ausgebreiteter Proteinfilm* als *Modell* für die Neubildung einer anderen Molekel dient, so ist die neue Molekel eine *positive Nachbildung der alten* [...] Daneben ist aber auch von verschiedenen Forschern die Möglichkeit *negativer Matrizen* erörtert worden. [...] Als *negative Matrizen* werden besonders die Nucleinsäuren herangezogen, [...]. (Haas 1955: 412)

A DNS szerkezetét 1953-ban Watson és Crick írta le, ami fordulópontot jelentett a sejtbiológia történetében. A gén fogalma azonban még két évvel később sem volt tisztázott. Itt is úgy jelenik meg, mint a fehérjék

bioszintéziséhez szükséges minta, ami ily módon jól illeszkedik a SEJT IPARVÁROS modellbe (vö. Haas 1955: 415).

Röviden érdemes még kitérni az Ambrose és Easty szerzőpárosnak az 1970-es évből származó tankönyvére.⁶ A fehérjeszintézis fejtegetése során itt már találkozunk a *genetikai kód* fogalmával, ezenkívül ők már a *ribozómát* jelölik meg a fehérjeszintézis helyeként. Ezzel gyakorlatilag olyan új metaforizáció jön létre, amelyik a későbbiekben explicit módon is kifejezésre jut a szövegben: A RIBOSZÓMA GÉP. A riboszómák ugyanis olyan egységek a sejtben, amelyek RNS-ből és fehérjéből állnak, és amelyek felületén peptidek képződnek. A riboszómák általában nem magányosan találhatók meg a sejtben, hanem egy membránhoz kötődnek. Következésképpen felfoghatók gyárban található gépsorokként (GYÁRTÓBERENDEZÉSEKKÉNT), amelyeknek a fehérjék előállítását a feladata. A matrica-metaphora ebben a felfogásban még megmaradt, itt azonban a matrica – mint a metafora forrástartománya – egyértelműen a nukleinsavnak felel meg a céltartomány elemei közül:

- (10) Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen, dass die mRNA nach ihrer *Bildung an der DNA-Matrize* durch die Kernmembran hindurch in das Cytoplasma wandert. (Ambrose és Easty 1974: 135)

A SEJT IPARVÁROS metaforarendszer további elemei a szövegben fellelhető többi metaforikus nyelvi kifejezés segítségével ismerhetők fel: *adaptor-enzim*, *adaptor-molekula* (mechanika), *felismeri az aminosavat* (enzimtevékenység), *végtermék*, *köztes termékek* (a gyártás időbelisége) stb. A modell egyik fontos része pedig hasonlat formájában explicite is megtalálható a szöveg szintjén:

- (11) Dieser Komplex erlaubt die gleichzeitige *Bildung* vieler, untereinander gleicher Polypeptidketten, da eine mRNA gleichzeitig von vielen Ribosomen *abgelesen* wird. Der ganze *Mechanismus* gleicht einer *Montagerampe in einer Fabrik für Massenprodukte*. (Ambrose és Easty 1974: 141)

3.2. A SEJT SZÁMÍTÓGÉP VEZÉRELTE IPARVÁROS

Szemügyre véve a sejtbiológiában manapság használatos metaforarendszereket azt tapasztaljuk, hogy nincs radikális változás egyfelől az múlt század ötvenes éveitől, vagyis a gén felfedezése előtti korszakhoz

⁶ A munka elterjedtségét mutatja, hogy 1974-ben németre is lefordították. Példánk a nyelvi egységesség okán a német nyelvű kötetből származnak.

képest. Ugyanakkor azt is megfigyelhetjük, hogy már a múlt század hetvenes éveiben megjelennek olyan metaforikus kifejezések, amelyek arról tanúskodnak, hogy anélkül is bekövetkezhet változás a metaforahasználatban, hogy megelőzően „tudományos forradalom” zajlott volna le. A *leolvas* kifejezés háttérében a (11) példában már megtalálható ugyanis egy újabb fajta metaforizáció, ami az újabb tankönyvekben már sokkal részletesebben megjelenik a nyelvi szinten. A következő metaforáról van szó: A GENETIKAI ANYAG A NUKLEINSAVAK NYELVÉN ÍRT SZÁMÍTÓGÉPES PROGRAM, illetve A SEJTMAG SZÁMÍTÓGÉP. Ezek a legújabb metaforák, amelyek révén a sejttel kapcsolatos metaforamodell a századforduló környékén kibővül, illetve megváltozik. A gén szerepét és a sejtben lejátszódó folyamatok irányítását Gerald Karp 2005-ben kiadott tankönyvében már az információs technológia perspektívájából ragadja meg.

Míg a hetvenes években a kommunikációs megközelítés jellemző pl. a DNS bázissorrendjének á t í r á s a , ill. az mRNS bázisszekvenciájának l e f o r d í t á s a f e h é r j e n y e l v r e (Ambrose és Easty 1974: 132), addig Karp már olyan makromolekulákról ír, amelyek a biológiai i n f o r m á c i ó t i t k o s í t á s á r a , valamint a sejtben t á r o l t i n f o r m á c i ó d e k ó d o l á s á r a képesek. Az ilyen és ehhez hasonló metaforikus nyelvi kifejezések alapján a sejtmetaforika bizonyos mértékű átalakulására lehet következtetni. A két korábbi alapmetafora: AZ ENZIMEK DOLGOZÓK és A SEJTSZERVECSKÉK ÉS AZ ENZIMEK GÉPEK továbbra is megmaradnak a sejtmetaforika két tartóoszlopaként. Ezekhez társul azonban egy harmadik, amely képes arra, hogy modellszinten magába integrálja az előbbi kettőt: A GENETIKAI ANYAG SZÁMÍTÓGÉPES PROGRAM, illetve A SEJTMAG SZÁMÍTÓGÉP, amelyek a régebbi és más sporadikusan előforduló metaforákkal egyetemben koherens egészet alkotnak, a sejt egy metaforikus modelljét hozzák létre a molekuláris sejtbiológiában.

E modell szerint a sejtben zajló fehérjeszintézis komplex gyártási folyamatként jelenik meg, ahol a dolgozók, akik mechanikusan végzik a termelést, valamint a számítógép, ami vezérli azt, együttesen alkotják a GYÁR újszerű felfogását. Az új, információs technológiai metafora beillesztésével, amelyet más, a metaforarendszer főbb metaforáival koherens egységet képező alárendelt metaforák egészítenek ki, a hierarchia legtetején álló sejtmetafora is megváltozik: A SEJT SZÁMÍTÓGÉP ÁLTAL IRÁNYÍTOTT IPARVÁROS.

Azokban a három legfontosabb metafora-alrendszer súlyozottságában és kidolgozottságában, tehát a különböző típusú metaforikus nyelvi kifejezések számában, amelyek az egyes metaforák realizálódásainak tekinthetők, különbségek tapasztalhatók. A 2005-ből származó szövegrészletekben lényegesen több olyan kifejezés található, amely A SEJTMAG

SZÁMÍTÓGÉP metaforához sorolható, mint az összes többihez együttesen. A mechanikus folyamatok automatizálásának gondolata, valamint az információ feldolgozásának és tárolásának fogalmai azt mutatják, hogy itt a NYELV forrástartománya olyan PROGRAMOZÁSI NYELVVÉ válik, amely hozzájárul a sejtben lejátszódó összes termelési folyamat irányításához:

- (12) [...] im Gen gespeicherte *Information umgesetzt* wird, so dass sie die Abläufe in der Zelle *steuern* kann [...]. (Karp 2005: 242)
- (13) [...] ein Gen *trägt die Information für den Aufbau* eines bestimmten Enzyms. (uo.)
- (14) [...] mithilfe der mRNA trennt die Zelle die *Informationsspeicherung* von der *Informationsnutzung*. (Karp 2005: 544)
- (15) [...] eine *Sequenz*, die im *Alphabet* der Ribonucleotide *geschrieben* ist, eine *Sequenz* in einem *Alphabet* aus Aminosäuren festlegen kann. (Karp 2005: 582)

Mint ahogy azt a fenti példák mutatják, a proteinszintézis irányításának modellálásában az ún. biológiai információ központi szerepet tölt be. Ez az információ a sejtben feldolgozásra kerül: *l e f o r d í t ó d i k , t á r o l ó d i k é s f e l h a s z n á l ó d i k*. Ezek egységei – mint a számítógép műveleti memóriája és az adattárak – egymástól elkülönülve jelennek meg. Adattárolóként például a tankönyv a géneket jelöli meg. Itt tehát egy olyan program értelemegységeiről van szó, amely a ribonukleotidok nyelvén íródott, és a fehérjék előállításának lefolyását, azaz a fehérjék *é p í t ő e l e m e i n e k*, az aminosavaknak a sorrendjét határozza meg. A szerző szerint az egyes aminosavakhoz tartozó kódszavak vagy kodonok a *p r o g r a m o z á s i n y e l v s z a v a i n a k* felelek meg, a nukleotidok a *b e t ű k*, és vannak ún. „írásjelek” is, amelyek az *i n f o r m á c i ó l e o l v a s á s á n á l* töltenek be kulcsfontosságú szerepet. Ezenkívül van még három stop-kodon is; ha az apparátus ezekhez ér, a *z a u t o m a t i k u s l e o l v a s á s l e á l l*. (Karp 2005: 583).

A gének, mint programozási nyelven írt értelmes és komplex egységek, a PARANCS forrástartomány segítségével illeszthetők be a modellbe. A GENETIKAI ANYAG SZÁMÍTÓGÉPES PROGRAM metafora tehát egy másik metaforát is inkorporál: A GÉNEK A PROGRAMOZÁSI NYELV PARANCSAI. Vannak olyan gének, amelyek önmagukban felelősek egy bizonyos fehérje előállításáért, de vannak olyanok is, amelyek más

génekkel együtt lépnek működésbe, pontosan úgy, ahogyan azok a programok, amelyek több sorból (parancsból) állnak, ezért bonyolultabbak.

Az alapfogalmak metaforikusságának következményeként a fehérjeszintézis részfolyamatai is metaforikusan strukturáltak. A fehérjeszintézis két fontos részfolyamatra osztható, és ezeknek már a nevei is metaforikusak. Azt a részfolyamatot, amelyben a DNS genetikai információja az mRNS-re kódozódik át, transzkripciónak nevezzük, míg a másik folyamatot, ahol a ribonukleinsavban tárolt információ alapján egy aminosavlánc épül fel, tehát „az mRNS nukleotidkódjából származó információ az aminosav-ábécére fordítódik le”, transzlációnak hívjuk. Ezek a kifejezések A GENETIKAI ANYAG SZÁMÍTÓGÉPES PROGRAM metaforán alapszanak, még akkor is, ha az *ábécé* és a *lefordít* szavak első megközelítésben a korábbi, kommunikációs modellre utalnak. Ebben a kontextusban ugyanis lényegesen több olyan kifejezés található, amelyek az információs technológiából származó forrástartományokat állítják előtérbe.

Ahogy a következő példa mutatja, a nukleinsavakban kódozott információ többször lemasolható, ez azonban nem mindig olvasható le helyesen.

(16)[...] liegen die DNA-Sequenzen, die RNA codieren [...], in mehreren Kopien vor. (Karp 2005: 551)

Azért, hogy a működési hibák elkerülhetők legyenek, van a rendszerben egy javítómechanizmus is, ami automatikusan kijavítja a hibákat. (Karp 2005: 551–589).

A genetikai kód automatikus leolvasásának gondolata a nyelvi szinten az *olvasási keret* fogalmában is megtalálható. Ez azt jelenti, hogy a nukleinsav-szekvenciák leolvasásánál egyszerre mindig csak három nitrogéntartalmú szerves bázist vesz figyelembe a transzlációs apparátus, azaz a mechanizmus kizárólag tripletekkel képes dolgozni. Ebből következik, hogy ha egy bázis valamilyen okból eltűnik a szekvenciából, a folyamat ettől a ponttól kezdve félresiklik, mivel a transzlációs apparátus ezután is három egymás mellett álló bázist figyel, így a dekódolás innentől kezdve hibás végterméket vezet. Ezt nevezzük frameshift-mutációnak. A gyártási eljárás, amit a fent bemutatott rendszer irányít, sejtszervecskékben és enzimek közreműködésével történik. Ezek képezik a másik két fontos céltartományt, amelyek a fehérjeszintézis modellálásában nagy jelentőséggel bírnak.

Az enzimek és sejtszervecskék bioszintézisben betöltött szerepét már korábban tisztázták, ennek megfelelően a szakkönyvekben –

metaforikusan – meg is találjuk ezt. Ezeknek az elemeknek a metaforikája az idő múlásával nem sokat változott. Az enzimekről egyrészt továbbra is megszemélyesítve, tehát mint DOLGOZÓK-ról olvashatunk ezekben a művekben, akik valamilyen aktív tevékenységet folytatnak (lásd a 17 és 18 példákat), másrészt pedig a sejtszervecskékkal együtt mint gyárban működő gépekkel találkozunk velük (18 és 19 példák).

(17) Die Polymerase wandert an der DNA-Matrize entlang [...].
Wo die Polymerase entlangläuft, wird die DNA vorübergehend auseinander gewunden und die Polymerase baut einen komplementären RNA-Strang auf. (Karp 2005: 546)

(18) Genau wie die Enzyme, die sich in der Evolution so entwickelt haben, dass sie unterschiedliche Substrate binden und verschiedenartige Reaktionen katalysieren, so haben manche Proteine sich auch so angepasst, dass sie ganz bestimmte Nucleotidsequenzen in einem Nuclein-säurestrang erkennen und binden. (uo.)

(19) Ribosomen sind Molekülmaschinen und ähneln in mancher Hinsicht den molekularen Motoren. (Karp 2005: 592)

Az igen specifikus funkcióval rendelkező riboszómák, amelyek a fehérjeszintézist tekintve talán a legfontosabb képződmények a sejtben, itt egy speciális metafora segítségével, mint programozható gépek illeszkednek a metaforikus modellbe. A Liebert által bevezetett SZÁMÍTÓGÉP ÁLTAL VEZÉRELT GYÁRTÓBERENDEZÉS modellt talán inkább ezekkel lehetne összekapcsolni. A gép szó mellett gyakran használják a szakirodalomban a kvázi szinonim készülék-et, amely egy sor összetett szó alkotóelemeként szerepel a szövegekben: *transzlációs készülék, ribonukleoprotein-készülék, Golgi-készülék* stb. Az enzimberendezés mellett ez is A SEJTSZERVECSKÉK ÉS AZ ENZIMEK GÉPEK metaforához tartozó metaforikus nyelvi kifejezésként fogható fel.

Az említett metaforikus nyelvi kifejezések, amelyek a sejtben lejátszódó egyes folyamatokra vonatkoznak – mint pl. a lánckezdő RNS-ek továbbbifeldolgozása; az mRNS transzportja a sejt-magból; egy proteinkomplex összeszerelése; a miozin vagy a kinezin (fehérjék), amelyek fix síneken haladnak végig, a továbbbifeldolgozó üzem, a vezikulumok iránnyitott transzportja stb. –, együttesen arra utalnak, hogy a Liebert által bevezetett modell – A SEJT SZÁMÍTÓGÉP ÁLTAL VEZÉRELT GYÁRTÓBERENDEZÉS – túlságosan is szűk, hiszen csak egy bizonyos aspektust emel ki a sejtmetaforikából. Ha azonosítani akarjuk

azt a komplex metaforikus modellt, amelyet a tankönyvek a sejtről való tudás közvetítésében használnak, akkor sokkal differenciáltabb és a metaforikus kifejezések nagy részét is felölelni képes A SEJT EGY SZÁMÍTÓGÉP ÁLTAL IRÁNYÍTOTT IPARVÁROS modellt kell előnyben részesítenünk.

Kitérő: A sejt metaforikus modelljeinek szerepe a szociológiában

A sejtbiológia területén fellelhető metaforikus modellek bemutatása után, ahol a sejt mindig céltartományként jelent meg, röviden arra is ki szeretnénk térni, hogy lehetséges egy fordított irányú projekció is; azaz amikor a SEJT más tudományterületeken forrástartományaként funkcionál. Ahhoz, hogy a SEJT fordított irányban történő felhasználását is megvilágítsuk, meg kell említeni a sejtbiológia történetének egyik fontos momentumát, a modern patológia megalapítójának, Rudolf Virchownak a munkásságát.

Virchow volt az, aki első ízben kapcsolta össze a két területet, azaz a társadalom és a sejtek világát. Fontos azonban világossá tenni, hogy nála még az állam, illetve annak szerveződése szolgál forrásként a sejtben lezajló folyamatok modellálásához. Virchow elmélete abból indult ki, hogy „omnis cellula a cellula” (azaz: „sejt csak sejtől jöhet létre”), és olyan kifejezéseket alkotott meg, mint a *sejtállam*. Modelljével választ kívánt adni a 19. század sejtbiológiai kutatásának egyik központi problémájára: Hogyan lehetséges, hogy a sejtek „kettős életet élnek”, azaz hogyan lehetséges, hogy egyszerre van önálló életük, ugyanakkor egy nagyobb szerveződés fennmaradásában, életében is szerepet játszanak? Virchow elhivatott republikánusként (vö. Junker 2004: 75) a sejtek együttműködését egy állam működéséhez hasonlította. Az élőlények sejtjei ebben a modellben egy nagyobb egységet képeznek, mégpedig a szervezetet magát, ami hasonló egy állam felépítéséhez. Ebben az államban *a z e g y e s d o l g o z ó k k ö z ö t t m u n k a m e g o s z t á s v a n*, ami a *s e j t e k e g y ü t t m ű k ö d é s é n e k* felel meg a szervezetben. A sejteket Virchow egyéneknek tekintette, akik a közös célért dolgoznak.

A későbbiekben a társadalomtudományos kutatásokban is megjelent a sejtmetaforika. Jörn Ahrens (2006) *Die Metapher der Keimzelle. Zur Analogie von sozialer und organischer Organisation* című cikke reflektál a két tudományág közötti kapcsolat meglétére és hozzájárul a társadalom öninterpretációjának egy másik tudományterülettel, a sejtbiológiával való bonyolult kölcsönhatásának megértéséhez.

Tanulmányában Ahrens bemutatja a társadalmi és biológiai szervezet közötti analógiát és az arra épülő metaforikát. A Virchow által alkotott sejtállam fogalmat a „szomatikus metaforológia” alapjának

tekinti (Ahrens 2006: 218). Ahrens ugyanakkor megfordítja a metaforikus átvitel irányát a virchow-i modellhez képest (Ahrens 2006: 219), aminek az oka, hogy nem ért egyet Virchowval abban, hogy a SEJT mint INDIVIDUUM a társadalom alapegysége. Ezzel szemben Ahrens a zoológus és filozófus Haeckel CSALÁD fogalmához kapcsolódva a családot tekinti a társadalom alapegységének.

Itt egy furcsa jelenséget figyelhetünk meg: Az eredetileg a biológiában használatos sejtfogalom úgy válik a szociológiában a társadalom alapegysége (a család) metaforizációjának alapjává, hogy nem az eredeti biológiai jelentés lesz az, ami a metaforizációban rész vesz. Ahrens ezt így foglalja össze:

„Während die Biologie ihre Keimprotagonisten als individuelle Akteure denkt, rekuriert Gesellschaft auf eine scheinbar kleinste soziale Einheit, die sie in der Familie meint adressieren zu können [...] Somit lässt sich eine naturwissenschaftliche Metaphorisierung des Zellkörpers durchaus von einer soziologischen unterscheiden.” (Ahrens 2006: 220)

Ahrens a továbbiakban nem foglalkozik elméleti szinten ezzel a jelenséggel, pedig érdekes további kutatások alapjául szolgálhatna a módosított forrástartományok vizsgálata. A fenti példában ugyanis a SEJT fogalmának csak egy bizonyos aspektusa (ti. az, hogy valamiféle alapegységről van szó) szolgál a metaforikus projekció alapjául. Ez azonban felveti annak a lehetőségét, hogy a metaforizáció nemcsak valamiféle hasonlósági relációt feltételez a céltartomány és a forrástartomány között, hanem azt is, hogy elképzelhető: a céltartományt képező fogalmi struktúra átesik egy előzetes feldolgozó folyamaton, amelyik arra irányul, hogy átalakítsa a kérdéses fogalom jelentésstruktúráját, mégpedig a metaforizáció céljainak megfelelően.

Egy másik téma, amelyet Ahrens tárgyal, a Durkheim művében kimutatható metaforika. Ezt az elméletet azért említjük meg itt, mert rokonítható a SEJT IPARVÁROS metaforával. A metaforikus átvitel iránya azonban itt is fordított. A szerző a következőképpen kezdi az elmélet bemutatását:

„Auch er analogisiert organische und soziale Funktionen: Die lebende Zelle enthält nur mineralische Bestandteile, ebenso wie die Gesellschaft nichts außer den Individuen enthält; und dennoch ist es offensichtlich unmöglich, dass die charakteristischen Erscheinungen des Lebens den Atomen des Wasserstoffs, Stickstoffs, Kohlenstoffs und Sauerstoffs innewohnen.” (Ahrens 2006: 221)

Ebben a hasonlatban a sejt egy olyan nagyobb szociális egységnek felel meg, amelyet individuumok alkotnak. Világosan látható azonban, hogy ez az egység nem lehet maga a társadalom. A családot ugyanis több szociológiai elméletben a társadalom „vitális bázisának” nevezik (Ahrens 2006: 222), aminek a hátterében A CSALÁD A TÁRSADALOM SEJTJE metafora áll.

4. Összegzés

Az egyetemi tankönyvek fehérjeszintézisről szóló fejezeteinek empirikus elemzése alapján megállapítható, hogy az ismeretek közvetítése a molekuláris sejtbiológia területén is különböző metaforamodellek segítségével történik. A SEJT EGY SZÁMÍTÓGÉP ÁLTAL IRÁNYÍTOTT IPARVÁROS metaforikus modell három metafora-alrendszerére épül fel: (1) A GENETIKAI ANYAG A NUKLEINSAVAK NYELVÉN ÍRT SZÁMÍTÓGÉPES PROGRAM, illetve A SEJTMAG SZÁMÍTÓGÉP, (2) A SEJTSZERVECSKÉK ÉS ENZIMEK GÉPEK, illetve (3) AZ ENZIMEK DOLGOZÓK alkotják ennek a modellnek a vázát. A többi metafora – így például AZ ANYAGOK CSERÉJE KERESKEDELEM – többé-kevésbé ezekhez a metafora-alrendszerekhez kapcsolódik.

A tankönyvi metaforák vizsgálata azt is megmutatta, hogy a sejtre vonatkozó metaforarendszerek az idő folyamán megváltoznak. Ezt a folyamatot legegyszerűbben az új forrástartományok felsorolásával szemléltethetjük, amelyek közül az alább látható táblázatban csak a legfontosabbakat emeltük ki.

Ahogy a táblázatos áttekintés mutatja, vannak olyan forrástartományok (1–5. sor), amelyek 50 év elteltével sem változtak meg. Másol átfedéseket találhatunk a **különböző modellálása** között (lásd a FEHÉRJE céltartományt), míg az utolsó öt sorban már erőteljesebb változásokat látunk a forrástartományokban.

Összességében azt olvashatjuk ki az eredményekből, hogy olyan időszakban is történik változás, amikor nincsenek az egész tudományterületet gyökeresen átformáló felfedezések, illetve fordítva: jelentős tudományos vívmányok nincsenek hatással a sejtműködést modelláló metaforarendszerekre. Ezért megkockáztatható az a felvetés, hogy legalábbis a tudományos ismeretek közvetítésének területén az uralkodó tudományos elméleteken kívül vélhetőleg más tényezők is jelentős szerepet játszanak abban, hogy mely metaforarendszerek válnak uralkodóvá.

Céltartományok	Forrástartományok	
<i>Haas (1955)</i> <i>Karp (2005)</i>	<i>Haas(1955)</i>	<i>Karp (2005)</i>
MITOKONDRIUM	ERÓMŰ	ERÓMŰ
VAKUÓLUM	DEPÓ	DEPÓ
ENZIM	DOLGOZÓ / GÉP	DOLGOZÓ / GÉP
A FEHÉRJETERMÉKEK SZÁLLÍTÁSA	Az IPARVÁROSOK KÖZÖTTI KERESKEDELEM	AZ IPARVÁROSOK KÖZÖTTI KERESKEDELEM
FEHÉRJESZINTÉZIS	(ÁRU)TERMELÉS	(ÁRU)TERMELÉS
FEHÉRJE	TERMÉK / MINTADARAB (MATRICA)	TERMÉK
VÍRUSFERTŐZÉS	HIBÁS MINTADARAB MUTATÁSA	ÁTPROGRAMOZÁS
NUKLEINSAV	NEGATÍV MATRICA?	PROGRAMOZÁSI NYELV
GÉN	MINTA?	A PROGRAMOZÁSI NYELVEN ÍRT PARANCS
A FEHÉRJESZINTÉZIS IRÁNYÍTÁSA	TERV/MINTA alapján	SZÁMÍTÓGÉPES PROGRAMMAL
SEJT	IPARVÁROS	SZÁMÍTÓGÉP ÁLTAL VEZÉRELT IPARVÁROS

E mellett a feltevés mellett nemcsak az szól, hogy nem minden esetben korrelálnak a tudományos forradalmak a metaforahasználat átalakulásával, hanem az is, hogy a rendelkezésre álló adatok alapján az egyszer már bevált metaforarendszerek viszonylag sokáig használatban maradnak. Vagyis a metaforahasználat átalakulása vélhetőleg nem olyan gyors és mélyreható, mint egy tudományos forradalomé. Ambrose és Easty (1974) idézett művében például egyes forrástartományok átalakulását illetően köztes lépcsőfokokat is találunk. A fehérjeszintézis irányításánál tárgyalt kommunikációs megközelítés például a PROGRAMOZÁSI NYELV forrástartomány előfutárának tekinthető. Hasonló szerepet játszik ebben a műben a riboszóma GÉPKÉNT vagy GYÁRTÓ BERENDEZÉSKÉNT való felfogása is. Ez a fogalom később a *számítógép által irányított* jelzővel bővül és ebben az új minőségében válik Karp tankönyvében forrástartománnyá. Az empirikus adatok alapján megállapítható, hogy ebben a 2005-ből származó műben egyértelműen az információs technológiai metaforák vannak túlsúlyban.

Úgy tűnik, hogy a metaforahasználat erősen kötődik a társadalmi kontextushoz. Olyan metaforarendszerekkel találkozunk – mint például számítógép-metaphora –, amelyek a 21. századi társadalom alapvető metaforái közé tartoznak. Az, hogy az információs technológia területéről származó forrástartományok ennyire fölülreprezentáltak a sejtbiológiában, véleményünk szerint annak a számlájára írandó, hogy nemcsak a tudomány belső folyamatai, hanem a társadalmi kontextus (esetünkben az ipari termelés átalakulásával teret hódító) általános tudásmetaforái is szoros kapcsolatban állnak egy adott tudományág metaforahasználatának alakulásával. Ezért azt sem lehet kizárni, hogy azok a metaforák, amelyek bizonyos tudományos ismeretek közvetítésében fontos szerepet töltenek be, sokkal inkább a társadalmi kontextus, mintsem az újabb kutatási tendenciák által meghatározottak.

Le kell azonban szögeznünk, hogy a fenti hipotézis a metaforarendszereket motiváló tényezőkről egy kimondottan kis korpusz elemzésének eredményei alapján született. Ezért ha meg akarjuk érteni a társadalmi diskurzus és a tudományos metaforahasználat közötti igen bonyolult viszonyt, további vizsgálódások szükségesek a témában.

Irodalom:

- Ahrens, J. (2006): Die Metapher der Keimzelle. Zur Analogie von sozialer und organischer Organisation. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 5.9, 217–230.
- Ambrose, E.J. – Easty, D.M. (1974): *Zellbiologie*. Berlin: Akademie-Verlag.
- Arbib, M.A. – Hesse, M. (1986): *The construction of reality*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Black, M. (1962): *Models and metaphors: studies in language and philosophy*. Ithaca: Cornell University Press.
- Csatár, P. (2009): Data collection in metaphor research: old problems and new approaches. *Sprachtheorie und germanistische Linguistik* 19.1, 1–48.
- Drewer, P. (2003): *Die kognitive Metapher als Werkzeug des Denkens. Zur Rolle der Analogie bei der Gewinnung und Vermittlung wissenschaftlicher Erkenntnisse*. Tübingen: Gunter Narr.
- Haas, J. (1955): *Physiologie der Zelle*. Berlin: Gebrüder Borntraeger.
- Jäkel, O. (1997): *Metaphern in abstrakten Diskurs-Domänen. Eine kognitiv-linguistische Untersuchung anhand der Bereiche Geistestätigkeit, Wirtschaft und Wissenschaft*. Frankfurt/M.: Peter Lang Verlag.
- Junker, T. (2004): *Geschichte der Biologie. Die Wissenschaft vom Leben*. München: C.H. Beck.
- Karp, G. (2005): *Molekulare Zellbiologie*. Berlin, Heidelberg: Springer.

-
- Kertész, A. – Rákosi, Cs. (2008): Daten und Argumentation in der Theorie konzeptueller Metaphern. In: Kertész, A. – Rákosi, Cs. (szerk.): *New approaches to linguistic evidence. Pilot studies / Neue Ansätze zu linguistischer Evidenz. Pilotstudien*. Frankfurt a. M.: Peter Lang Verlag, 199–233.
- Kövecses, Z. (2005): *A metafora. Gyakorlati bevezetés a kognitív metaforaelméletbe*. Budapest: Typotex.
- Kuhn, Th.S. (1993): Metaphor in science. In: Ortony, A. (szerk.): *Metaphor and thought*. 2. kiad., Cambridge: Cambridge University Press, 533–542.
- Lakoff, G. (1987): *Woman, fire, and dangerous things: what categories reveal about the mind*. Chicago: Chicago University Press.
- Lakoff, G. (1993): The contemporary theory of metaphor. In: Ortony, A. (ed.): *Metaphor and thought*. 2. kiad., Cambridge: Cambridge University Press, 202–252.
- Lakoff, G. – Johnson, M. (1980): *Metaphors we live by*. Chicago: Chicago University Press.
- Liebert, W.-A. (1995): *Metaphernreflexion in der Virologie. Das theorie-sprachliche Lexikon der Metaphernmodelle als Sprachreflexionsmittel im Forschungsprozeß*. Mannheim. (kézirat)
- McGlone, M.S. (2001): Concepts as metaphors. In: Glucksberg, S. (szerk.): *Understanding figurative language. From metaphors to idioms*. Oxford: Oxford University Press, 90–107.
- Murphy, G.L. (1996): On metaphoric representation. *Cognition* 60, 173–204.
- Murphy, G.L. (1997): Reasons to doubt the present evidence for metaphoric representation. *Cognition* 62, 99–108.
- Stefanowitsch, A. (2006b): Words and their metaphors: A corpus based approach. In: Stefanowitsch, A. – Gries, S.Th. (szerk.): *Corpus-based approaches to metaphor and metonymy*. Berlin/New York: de Gruyter, 64–105.
- Vervaeke, J. – Kennedy, J. (1996): Metaphor in language and thought: Falsification and multiple meanings. *Metaphor and Symbolic Activity* 11, 273–284.