The background of the slide is a spiral-bound notebook with a light-colored, textured cover and a dark brown spine on the left side. The metal spiral binding is visible along the left edge.

# **Nelineární neurodynamika a její perspektivy**

**Nereduktivní fyzikalismus a sémiotika v díle W. Freemana**

# Nelineární neurodynamika

---

- nelineární dynamika
- předpoklady aplikace v neurovědách
- přehled vývoje
- neurodynamika v akci

<http://www.youtube.com/watch?v=-pSPnAmO0pY&feature=related>

# Předpoklady aplikace v neurovědách

- **biologická neuronová síť** splňuje všechny podmínky pro samoorganizaci: mozek je otevřený systém tvořený dostatečným množstvím vzájemně zpětnovazebně propojených neuronů extrémně citlivých na fluktuace hodnoty signálu, který vykazuje intencionální chování v situacích, kdy je mozková aktivita výrazně nerovnovážná
- předpoklad **kontinuitnosti kognitivních aparátů živočichů** (evoluční perspektiva), nelineárně dynamické jevy zkoumány především v mozcích živočichů
- **limitace složitostí neuronové sítě**, nelineárně dynamické jevy prokázány v jednoduchých strukturách lidských mozků (s nízkou úrovní konektivity)
- předpoklad platnosti nelineární dynamiky ve složitějších sítích, **není k dispozici odpovídající matematika**

# Přehled vývoje

- 1929 – Rafael Lorente de Nó  
předpoklad neuronové zpětné vazby
- 1936 – Alan M. Turing  
*„On Computable Numbers with an Application to the Entscheidungsproblem“*
- 1949 – Donald Hebb, Warren McCulloch  
*„Organization of Behavior“* – neuronové sítě, pravidla
- 1958 – John von Neumann – digitální počítač
- 1963 – Edward Lorenz – první reflexe projevů nelineární dynamiky – meteorologie
- 1968 – Ilya Prigogine – disipativní struktury
- 1975 – Benoit Mandelbrot  
*„Fraktální geometrie přírody“*
- 1982 – John Hopfield – neuronové sítě
- 1985 – Glass, Rapp – kardiologie, buněčný metabolismus
- 1985 – Rapp, Babloyantz – aktivita neuronů, EEG analýza
- 1987 – Skarda, Freeman  
*„How Brains Make Chaos in Order to Make Sense of the World“*
- 1988 – Huberman, Gregson – psychofyziologie, pohyby oka
- 1990 – založena Freemanova neurofyziologická laboratoř při Univerzitě v Berkeley
- 90. léta – vrchol „freemanovské neurodynamiky“ – syntetické období – vznik stěžejních prací *„How Brains Make up their Minds“*, *„Neurodynamics“*
- 20./21. stol. – přesun těžiště neurodynamiky do Japonska – Tsuda, Chang, Shimoide, aj.

# Neurodynamika v akci (I)

- **fraktální komprimace** instrukcí pro výstavbu biologických struktur
- neuronová síť, typy propojení neuronů – i v nejjednodušším typu – **chaotický oscilátor**
- popis chování chaotického oscilátoru podává **logistická rovnice** (Hodgkinova)  
$$x_{n+1} = rx_n(1-x_n)$$
- hodnota parametru  $r$  závisí na „vahách propojení“ neuronů

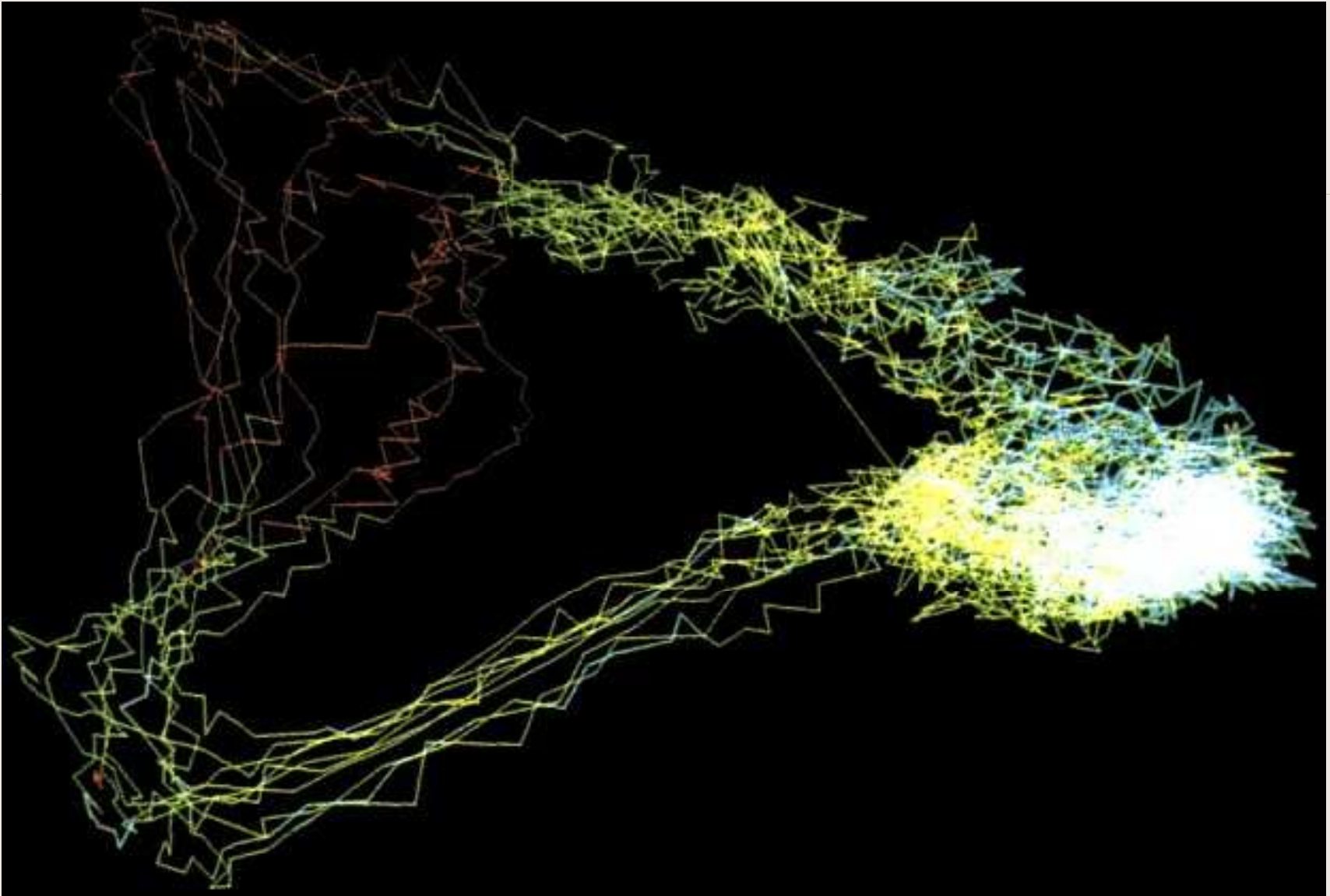
# Logistická rovnice chaotického oscilátoru

$$x_{n+1} = rx_n(1 - x_n)$$

- $x_n$  je frekvence pálení na vstupu,
- $x_{n+1}$  je frekvence pálení na výstupu,
- $r$  je řídicí parametr – „váhy propojení“

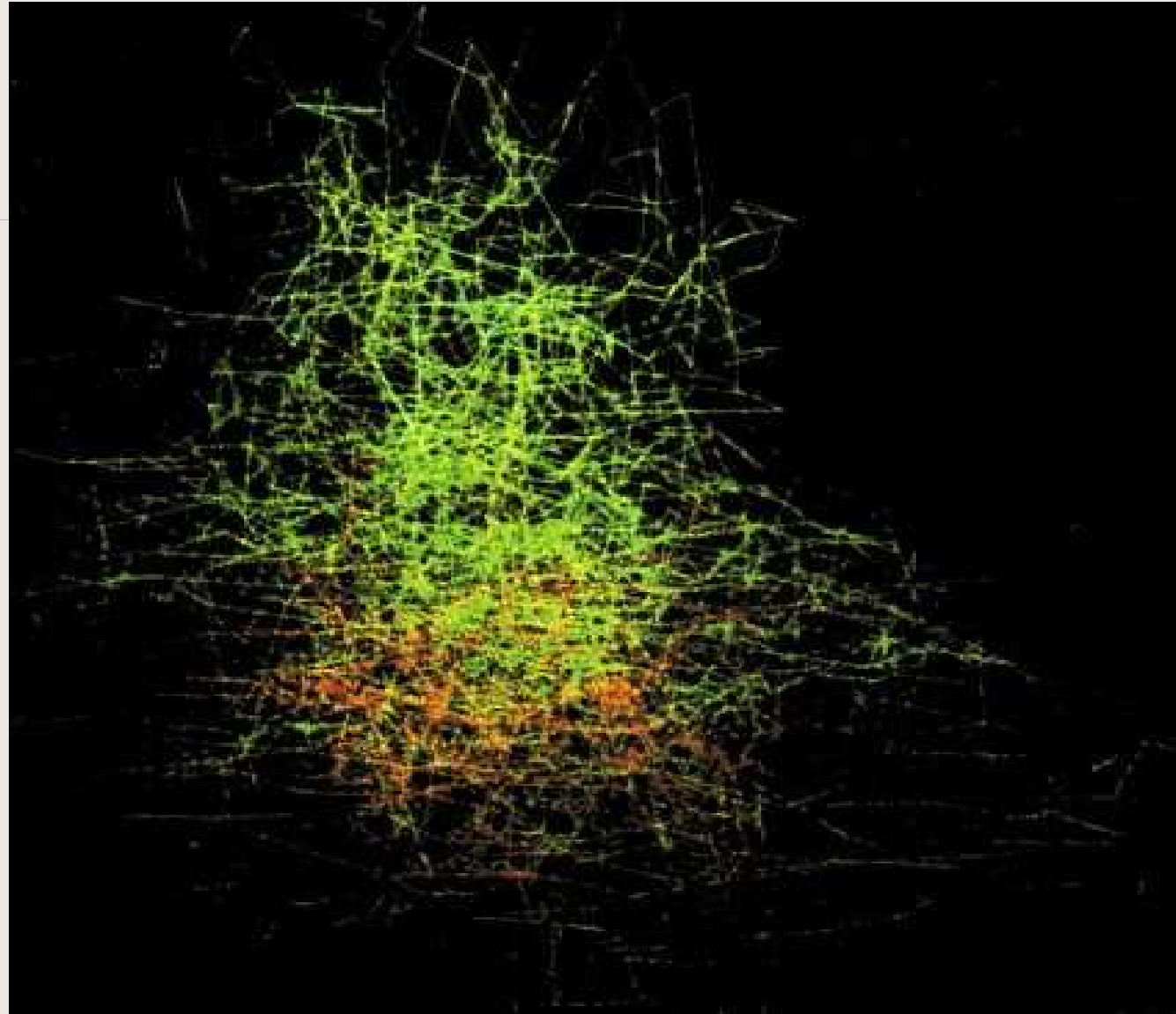
# Neurodynamika v akci (II)

- pro různé hodnoty  $r$  vznikají různé vzorce aktivity neuronových sítí, jimž odpovídají příslušné atraktory – typické je střídání periodické (různé formy limitního cyklu) a aperiodické (podivný atraktor) – deterministicky chaotické aktivity
- prokázáno v EEG (plži, krysy, králíci, lidé) testováno v jednoduchých strukturách mozku (čichový, zrakový, sluchový systém aj.)



**Aktivita sítě neuronů v čichovém systému mozku krysy –  
fáze epileptického záchvatu**





**Aktivita sítě neuronů v čichovém systému mozku krysy – fáze klidu**

# Neurodynamika v akci (III)

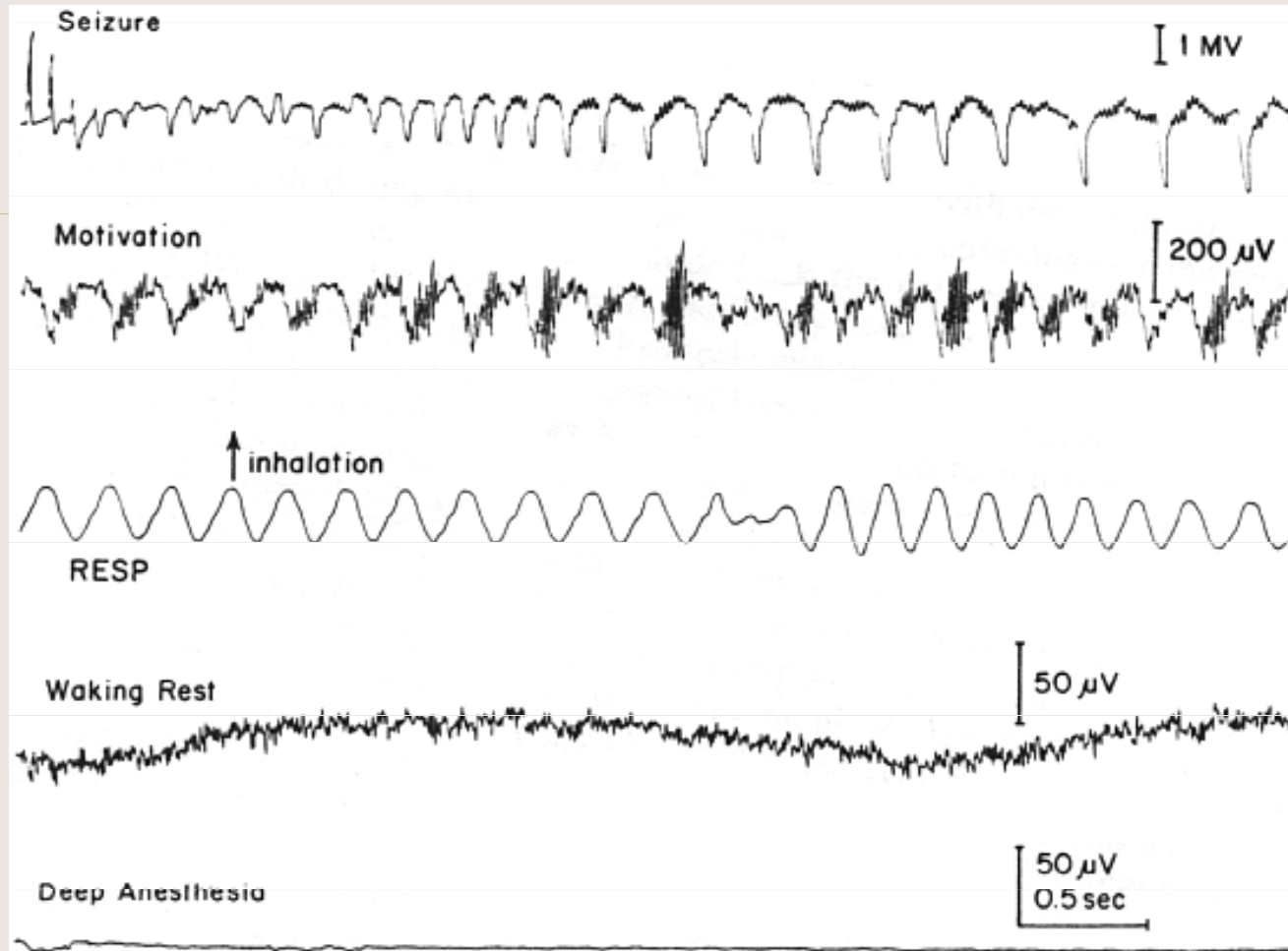
Např.: pohyby očí, spánek (a sny)

## 1. bdění:

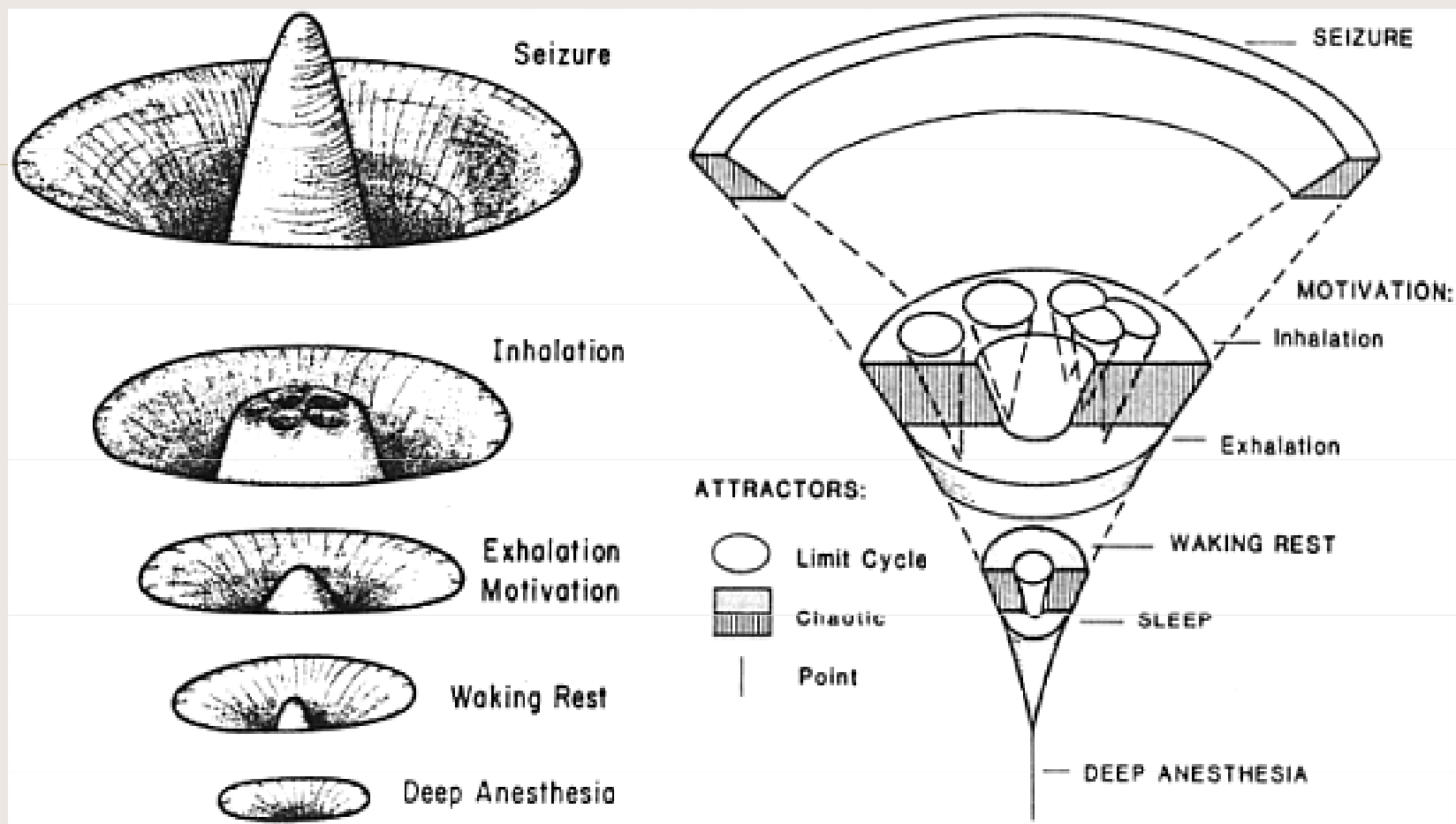
- otevřené oči – aperiodická aktivita
- zavřené oči – periodická aktivita

## 2. spánek

- nREM – periodická aktivita
- REM – aperiodická aktivita



Čtyři typy stavů identifikovaných při EEG analýze v čichovém systému mozku krysy a při EEG analýze mozku při přechodu ze spánku do bdělého stavu. Nápadné střídání periodické a aperiodické aktivity. Zdola: (1) *hluboká anestézie* – bodový atraktor, (2) *probouzení* – aperiodická aktivita, (3) *vdechování* – limitní cyklus a *motivace* – podivný atraktor, (4) *záchvat (epileptický)* – limitní cyklus.



Znázornění stavů čichového systému mozku krysy a při EEG analýze mozku při přechodu ze spánku do bdělého stavu v bifurkačním diagramu. Nápadné střídání periodické a aperiodické aktivity.

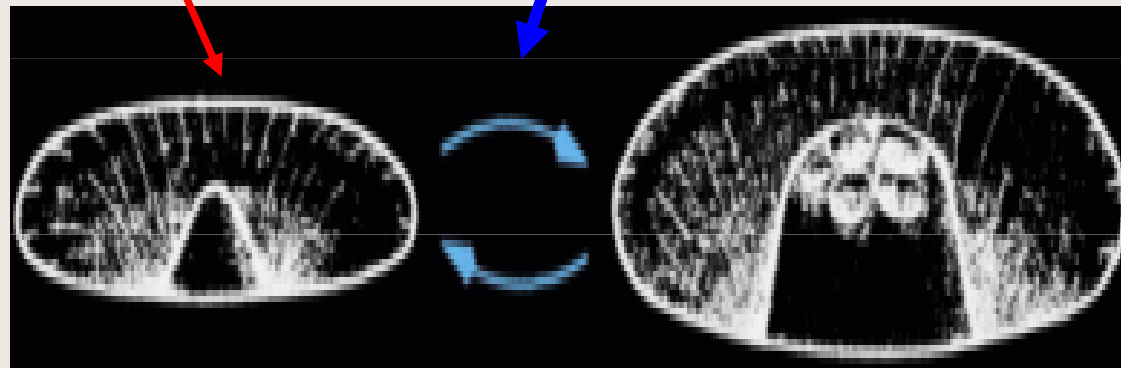
# Neurodynamika v akci (IV)

Např.: **patologické projevy mozkové aktivity** souvisejí s **regulací parametru  $r$**

- pokud je **znemožňována přiměřená inhibice propojení neuronů**, nastává **fáze periodické aktivity** (limitní cyklus) typická pro epilepsii
- pokud je **znemožněna přiměřená aktivace propojení neuronů**, nastává **fáze stochasticky chaotické aktivity** (bodový atraktor), typická pro např. Parkinsonovu chorobu

# Neurodynamika v akci (V)

- přechod z aperiodické do periodické aktivity je pro neuronovou síť klíčový – **hranice komplexity**
- **periodická aktivita** odpovídá „*odpočívání neuronů*“, zatímco **aperiodická aktivita** je spojena s intenzivním „*ukládáním informací*“ při intencionálním chování a jednání.



# Neurodynamika v akci (VI)

**Role chaotické aktivity v neuronových sítích podle Chrise Kinga – *Fractal and Chaotic Dynamics in Nervous Systems* (1991):**

- CAM (chaotic access memory) – rychlý přístup k paměti a vytváření paměťových stop
- „reprezentace“ symbolů prostřednictvím atraktorů
- vytváření samoorganizovaných stabilních struktur
- komprese dat uložených do neuronové sítě
- nepredikovatelnost jako báze pro vysvětlení vědomí a svobodné vůle

# Walter J. Freeman (I)



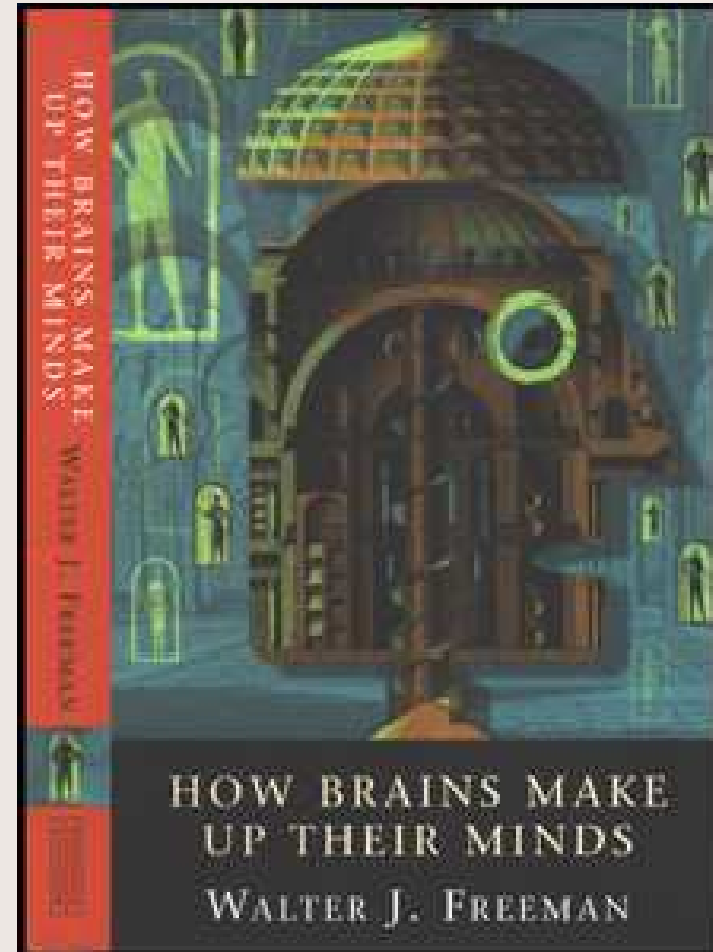
- (\*1927) americký neurolog, matematik a filosof
- vystudoval elektrotechniku, matematiku a fyziku (MIT), filosofii (Chicago), medicínu (Yale), interní medicínu u Johna Hopkinse a neuropsychiatrii na UCLA
- v současné době je profesorem neurověd na Univerzitě v Berkeley, kde
- řídí neurofyzilogickou laboratoř (spolupracovníky Kozma a Lenhart), zabývá se analýzou EEG sensorických systémů mozku a konstrukcí umělých smyslových orgánů (KV)



# Walter J. Freeman (II)

- *Mass action in the nervous system* (1975)
- *Societies of brains* (1995)
- *How brains make up their minds* (1999)
- *Reclaiming cognition* (2000)
- *Neurodynamics*(2000)

<http://sulcus.berkeley.edu/>



# Proč Freeman? (I)

- nelineární neurodynamika je rozpracovávána i u jiných autorů (Edelman a Tononi), ale Freeman provádí její filosofickou reflexi
- zkoumá důsledky nelineární neurodynamiky pro chápání klíčových filosofických pojmů (kauzalita, intencionalita, ad.)
- své filosofické úvahy odvozuje především z tvarové psychologie, existencialismu a pragmatismu (W. James)
- všímá si vývoje pojmu mentální reprezentace a provádí rozbor všech zásadních metafor (především z oblasti přírodních věd), které byly použity pro popis mysli

# Proč Freeman? (II)

- domýšlí filosofické koncepty druhé poloviny 20. století (Putnam, Davidson)
- lze jej považovat za **pokračovatele postanalytické filosofie** v linii Wittgenstein II. – Davidson – Freeman
- některé teoretické **předpoklady Davidsonova pojetí subjektivity nahrazuje empirickou evidencí**, přepracovává Davidsonovy koncepce filosofie mysli
- nabízí alternativní **řešení mind – body problému** (ani funkcionalismy, ani „dualismy“, ale aktivní role vědomí)
- **zvědečtění nereduktivního fyzikalismu** (např. anomální monismus)
- vytváří koncepci **neurosémiotiky**

# Freemanova neurodynamika

---

- a) neurodynamika a nereduktivní fyzikalismus
- b) neurodynamika a sémiotika

# Neurodynamika a nereduktivní fyzikalismus (I)

## Klíčové články:

- *Nonlinear Neurodynamics of Intentionality* (1997)
- *Three Centuries of Category Errors in Studies of the Neural Basis of Consciousness and Intentionality* (1997)
- *Consciousness, Intentionality and Causality* (1999)
- *Bridging the Gaps between Neuron, Brain and Behavior with Neurodynamics* (2001)

# Neurodynamika a nereduktivní fyzikalismus (II)

- **nalezení „mostu“** (odstranění explanační propasti) **mezi popisem neuronů – mozku – chování, při zachování intencionality vyžaduje dle Freemana přehodnocení našeho pojetí kauzality**
- **jde o střet lineární a cirkulární kauzality**

# Druhy kauzality podle Freemana

## 1. lineární kauzalita

- předpoklad přísného oddělení působící (příčina) a působené (účinek) události
- předpoklad oddělených úrovní skutečnosti, mezi nimiž existuje pouze jednosměrné kauzální působení (od jednodušších ke složitějším)
- v oblasti neurověd je spjata s představou zpracovávání (ukládání) informací v mozku skrze *information processing* – binárně kódovaná data jsou ukládána v paměti mozku

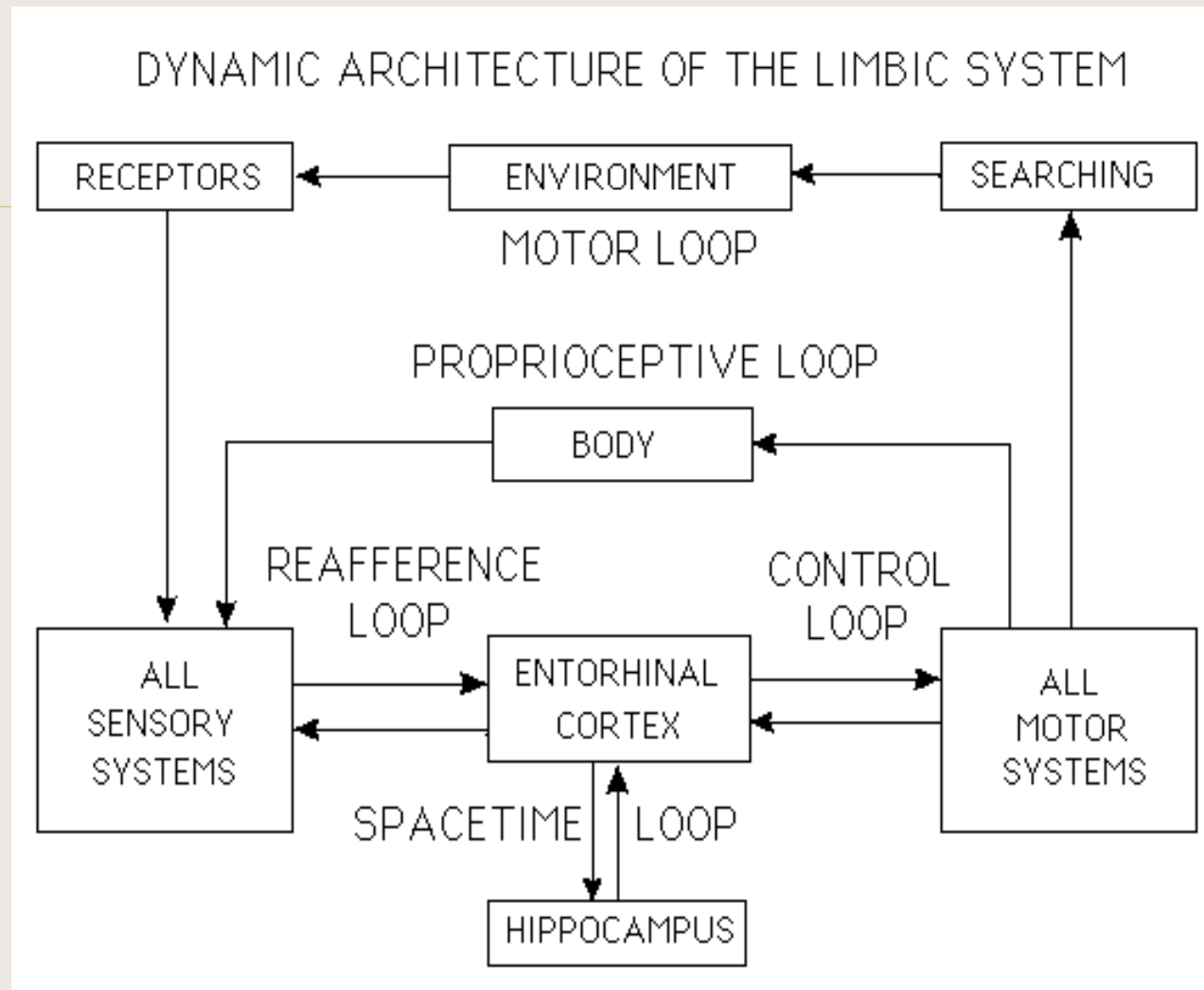
## 2. cirkulární (nelineární) kauzalita

- působící a působené události nelze oddělit, vyšší úroveň sestupně („downwardly“) působí na bázevú úroveň, mezi „úrovněmi“ existuje vzájemné kauzální působení
- v oblasti neurověd je spjata s představou „ukládání“ informací v neuronové síti při procesu učení

# Úrovně uplatnění cirkulární kausalilty

- Freeman odhaluje dvojí úroveň uplatnění cirkulární kausalilty v limbickém systému mozků:
  1. **makroúroveň – sensorický systém je předpřipraven pro přijímání a zpracování vhodných stimulů**
  2. **mikroúroveň – dochází k samoorganizaci neuronové sítě**





**Architektura limbického systému podle Freemana**

# Hlavní otázky neurodynamiky

- hlavní otázky:
    1. Jaká je povaha vzorce neuronové aktivity a jaký je jeho vztah ke stimulům?
    2. Jakou roli hrají fluktuace a jaký mají vztah ke střídání periodické a aperiodické mozkové aktivity?
- ad 1. vzorec neuronové aktivity není kopií stimulu, je výsledkem samoorganizačního procesu v neuronové síti, jehož je stimul „pouze“ iniciátorem**

# Stimul jako zdroj fluktuací (I)

- stimul slouží jako zdroj fluktuací, které:
  - 1. způsobují ve vhodně nastavené síti bifurkaci a vznik složitějších atraktorů, což se projevuje střídáním periodické a aperiodické aktivity** (neznámý stimul – aperiodicita – vytvoření nového atraktoru (návrat do periodicity) – ...)
  - 2. způsobují variaci atraktorů v atraktorové krajině,** neboť žádné dva stimuly nejsou nikdy stejné, každý pohyb atraktorem je vždy nový

# Stimul jako zdroj fluktuací (II)

- stimul **iniciuje aktivitu**, ale zároveň je **modifikován již existujícím atraktorem**
- důvodem pro takovýto způsob interakce mozku s prostředím je **omezená paměťová kapacita mozku** konfrontovaná s nekonečnou složitostí světa

# Aktivní role vědomí

- Freeman extrapoluje svou neurodynamiku na řešení problému vědomí
- **vědomí** pojímá jako **globální operátor** (hemisférický atraktor) – ve vztahu k „jednotlivým“ paměťovým „stopám“ zaujímá stejnou pozici, jako atraktor k „jednotlivým“ stimulům
- aktivní působení vědomí na paměťové „náčrty“
- jedná se zatím o experimentálně nepotvrzené spekulace (problém obtížné tvorby matematických modelů)

# Neurodynamika a sémiotika (I)

---

## Klíčové články:

- *Chaotic Oscillations and the Genesis of Meaning in Cerebral Cortex (1994)*
- *A Neurobiological Interpretation of Semiotic: Meaning, Representation, and Information (2000)*

# Reprezentace versus významy

(I)

- základním východiskem je odmítnutí reprezentacionalismu (viz i Davidson) a odlišení **externí reprezentace** (*externaly representation*) a **významu** (*meaning*):
  1. **(externí) reprezentace** – nástroje komunikace – sochy, obrazy, knihy, slova (akustické vlnění)
  2. **významy** – nejsou reprezentací stimulu – jsou to: **vzorci mozkové aktivity, umístěné do intencionální struktury mozku**

# Komunikace mezi dvěma mozky

1. mozek (A) má v sobě implementován význam (a), který není žádnou interní reprezentací, která by mohla být sdílena i mozkiem (B), proto vytváří externí reprezentaci (a), kterou je konfrontován mozek (B) s implementovaným významem (b) a ten reaguje vytvořením externí reprezentace (b)
2. v následném kroku už mají oba mozky proměněné významy (a'), (b')
3. komunikace probíhá dokud nedojde k harmonizaci významů, doprovázené kooperativním chováním (tanec, třesení rukou, ad.)



# Reprezentace versus významy

(II)

- **(externí) reprezentace** – slouží ke komunikaci (harmonizaci vzorců) a zároveň **umožňuje uchopování vlastního významu subjektem**
- **význam** – proměnlivý vzorec aktivity, děje se kontinuální konstrukcí skrze stimul v kooperaci s atraktorem

# Definice sémiotiky podle Freemana

- **kontinuální (celoživotní) konstruování hypotéz** (důvodem je omezená paměťová kapacita mozku), **které jsou konfrontovány světem a tím neustále proměňovány, pod dozorem globálního operátoru – vědomí**

# Vztah k Davidsonovi a jeho překračování

- Davidsonova „vrozenost citu pro podobnost“ („vrozené (geneticky dané) podobnostní reakce dítěte a učitele“) *nahrazena* u Freemana **vysvětlením mechanismu tvorby významu v učící se neuronové síti**
- **intuitivní nahlížení svých významů subjektem** (zbytečnost definice významů používaných slov - Davidsonova verze zachování 1. osoby) *nahrazena* u Freemana **představou, že své významy nahlížíme skrze své externí reprezentace**
- **anomální monismus překonán**, „přemostěním“ propasti mezi fyzickým a mentálním skrze nelineární neurodynamiku, **dynamickým monismem**

# Závěr

---

- a) **výdobytky**
- b) **perspektivy**
- c) **vize**

# Výdobytky

- *information processing* nahrazen konstruováním významu samoorganizací neuronové sítě
- „přemostění“ propasti mezi fyzickým a mentálním
- zvědečtění nereduktivního fyzikalismu (možnost vyhnout se Kimovým argumentům)
- další tematizace konceptu nelineární kauzality
- vytváření konceptů neurosémiotiky

# Perspektivy

## 1. praktické:


- konstrukce artificiálních smyslových orgánů
- léčba mozkových poruch
- neuroetika
- při dalším rozvoji matematiky a neurologie (snad) aplikace na zkoumání struktur v neokortexu (Tsuda ad.)

## 2. filosofické

- rozvoj filosofie mysli v linii Wittgenstein II. – Davidson – Freeman
- aktivní role vědomí v linii pragmatismus – existencialismus – Freeman
- báze pro konvergenci výzkumů mysli

# Vize

- řešení problému neuronálního kódu
- prostředek pro modelování vzniku a vývoje jazyka (modelování dění významu)
- možnost internalizace jazyka – soukromý jazyk není na začátku, ale na konci – v průběhu života zvnitřňujeme své významy – příspěvek k řešení sporu: „subjekt jazyka“ versus „produkt řečové komunikace“
- v mozku se protínají ontologický a epistemologický rozměr deterministického chaosu: „V mozku probíhá d. ch. aktivita a my (díky tomu?) víme, jak d. ch. jevy principiálně fungují.“ Co to znamená?
- konečná a nekonečná paměť, důsledky pro vědomí a UI



„Člověk má konečnou paměť a důsledkem toho je vědomí. Aby ale člověk mohl vědomí vytvořit (okopírovat) musel by disponovat nekonečnou pamětí.“

[http://www.youtube.com/watch?v=ZOr81\\_2kK8M&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=ZOr81_2kK8M&feature=related)