

Diagnosing learning and teaching potentials – a cognitive linguistic analysis of conceptions of heart excitation

Abstract

Purpose: The analysis of difficulties in understanding the information content of an electrocardiogram revealed indications that these are also caused by misconceptions about cardiac excitation phenomena. Therefore, a re-analysis of these research data is intended to deepen the understanding that medical students have of cardiac excitation. Furthermore, the concept of excitation represented in academic textbooks will be examined from an educational perspective.

Methods: In order to diagnose learning potentials, a previous study on ECG comprehension collected statements from students using problem-centred, guideline-based interviews. These data were subjected to a re-analysis. The evaluation was based on a qualitative content analysis. Ideas of heart excitation and the underlying basal cognitions were analysed in the light of the Conceptual Metaphor theory using systematic metaphor analysis. Conceptual metaphors, which structure the understanding of this abstract fact, were identified. In a similar procedure, scientific ideas from textbooks were examined, too. The model of educational reconstruction served as the research framework.

Results: On the basis of the data from exemplary cases, it will be shown which subject-related inappropriate ideas students of human medicine can construct when dealing with the phenomenon of excitation in a cardiological context. For example, excitation can be misinterpreted synonymously with the extracellular potential differences responsible for the development of an ECG. Sometimes, excitation is even understood as the tone of the myocardium. Analyzing the educational potential of academic textbooks reveals possible barriers to understanding in that excitation is not clearly defined in terms of the de- and repolarization of heart muscle cells. Moreover, both students and textbooks show an inappropriate idea of repolarization.

Conclusion: The presented analysis of learning and teaching potentials offers the opportunity to identify difficulties in understanding with regard to an appropriate concept of cardiac excitation. It also helps to develop conclusions for educational interventions.

Keywords: cardiac excitation, electrocardiogram, conceptual metaphor theory, model of educational reconstruction

Mathias Trauschke¹

1 Leibniz Universität Hannover,
Institut für Didaktik der
Naturwissenschaften (AG
Biologiedidaktik), Hannover,
Germany

1. Introduction

Interpreting electrocardiograms (ECG) is one of the central training contents for students of human medicine. A basic understanding of a physiological ECG is necessary for this. However, there are various professionally inappropriate, learning-inhibiting ideas in this respect that have been observed among medical students of higher semesters. For example, subjects are not able to describe the relationship between the course of the curve and the direction of excitation [1]. Identified difficulties in understanding are based, among other things, on inappropriate conceptions of cardiac excitation phenomena. Therefore, the findings discovered in the qualitative exploratory interview study on ideas of physiological ECGs [1] will be

re-analysed in order to explicitly examine the concept of excitation in more detail. The research approach aims to identify misconstrued ideas about heart excitation. The reconstruction of ideas performed by using a neurocognitive linguistic theory of understanding [2], [3], [4] and systematic metaphor analysis [5] to analyse linguistic utterances from the test subjects. The essay presents four concept-forming metaphors on the basis of which students can misunderstand the processes of heart excitation. Furthermore, it is shown that similar metaphorical concepts are found in academic textbooks.

2. Theoretical approach – how to reconstruct and analyze conceptions

This work aims at the analysis of ideas of cardiac excitation processes. Here, the term “conception” is understood as an interpreted representation of mental experience, i.e. it is reconstructed from spoken or written utterances, which can be attributed to an individual in a context-specific way. Furthermore, conceptions are understood as a mental activity of a defined period of time which is significant and meaningful to the thinker, whereby both, the gradual process as well as the subjectivity [3] are highlighted.

However, according to the constructivist paradigm, conceptions are neither directly nor objectively accessible to researchers. It is only possible to draw conclusions about what is thought from spoken or written expressions. For the reconstruction of such subjective worlds of meaning a qualitative-explorative research approach is therefore chosen.

In order to reconstruct ideas about processes of heart excitation a suitable theory of understanding is required. As abstract facts as well as the biochemical processes of cardiac excitation are understood via “concept-forming metaphors” [6], the Conceptual Metaphor Theory [2], [3], [4] is used: According to the embodied cognition approach, we generate embodied ideas through interaction with our physical and social environment which form the core of the cognitions available to us. By unwillingly projecting such “cognitive primitives” [6], abstract facts can be mentally represented. Embodied ideas used for the cognitive exploration of abstract facts are called concept-forming metaphors. This cognitive-linguistic concept of metaphor must be clearly distinguished from the philosophical and everyday understanding of metaphor, since metaphors are traditionally described as consciously used expressions of figurative-poetic language [7]. Metaphors are rather physically manifested in the brain: Rohrer [8] was able to show, for example, that metaphorical understanding stimulates the same regions in the brain as the physical experience of the source area of the metaphor. When someone talks about understanding things that cannot be grasped, primary motor and somatosensory areas of the cerebral cortex, which are responsible for the movement of the hand and wrist, are activated in the brain of the listener.

Among all the embodied ideas are a series of defined cognitive schemata [7], [9]. Taking the SOURCE-PATH-GOAL schema [9] as an example, everyday ideas are used below to illustrate how schemata can be used as concept-forming metaphors in understanding abstract facts (cf. also figure 1). The following statement, for example, is directly understandable:

"Marie leaves the sandbox and walks across the lawn to the terrace."

According to Johnson [9], this is due to embodied ideas that we have been making since our earliest childhood

by moving around in space. Physical movements or actions are usually linked to the covering of a distance. There is usually a starting point and a destination that we move towards as a moving entity. The SOURCE-PATH-GOAL schema is seen as an experience-based cognition that we have at our disposal and with the help of which the above sentence can acquire meaning.

Time, for example, belongs to a phenomenon that cannot be directly experienced. Temporary processes can therefore only be grasped imaginatively, for example through metaphorical projection of the SOURCE-PATH-GOAL schema:

"From now on, we must accept fewer appointments. The first Sunday of Advent is already past and Christmas is coming up. But we have not yet bought presents."

Hence, temporary phenomena can be represented mentally by using the embodied schema of directed movement [10]. Temporal events are metaphorically understood as places, time itself is understood as a path that has been (or still has to be) travelled. We understand ourselves as moving entities that move in a directed manner along a path. Time courses are metaphorically conceived as directed movements along a path [11].

In cognitive linguistics, numerous cognitive schemata have been described that enable the understanding of abstract facts [9]. Gropengießer [3] has shown a way to causally interpret the construction of ideas of abstract facts by working out concept-forming metaphors from linguistic utterances. Thus, an instrument for analysis is available for the diagnosis of incorrect conceptions.

For better comprehensibility, table 1 explains the basal logic of the schemata that are later relevant in the analysis of the ideas of cardiac excitation phenomena and it illustrates their basic metaphorical projection using selected educational examples.

3. Research questions

Understanding an ECG requires, among other things, professionally appropriate ideas of excitation in a cardiological context. This research approach should contribute to the identification of possible misconceptions of heart excitation which can be constructed by students of human medicine or which can be identified in scientific representations. The following research questions are therefore of interest:

- Which ideas structure the concept of cardiac excitation of students of human medicine and which conceptual metaphors structure this understanding?
- What scientific ideas about cardiac excitation are constructed in academic textbooks?

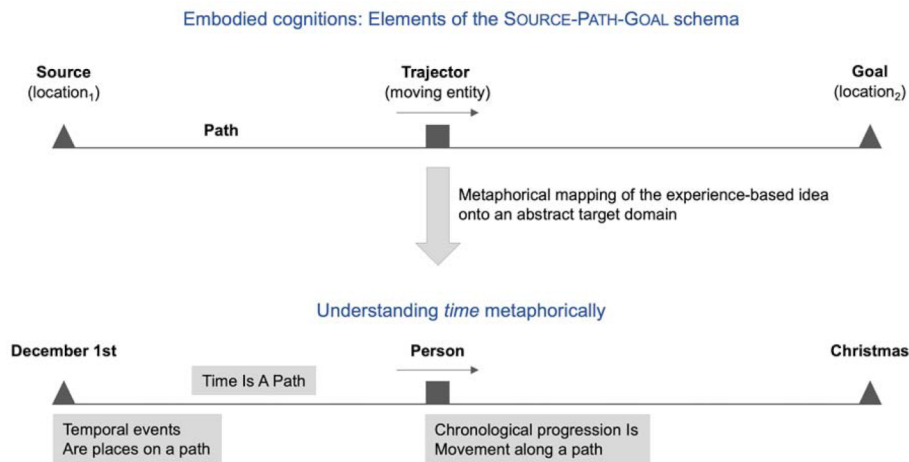


Figure 1: SOURCE-PATH-GOAL schema – embodied cognition and metaphorical projection in understanding temporal phenomena.

Table 1: Cognitive schemata and their metaphorical use in understanding abstract facts

Schema	Explication	Metaphorical Projection
ENABLEMENT schema	This schema belongs to a complex of basal cognitions about power and effect. It refers to the physical experience of motive force, i.e. the ability to move things or change states [9].	Energy, an abstract physical quantity that is used to balance processes in systems, is often understood metaphorically using the ENABLEMENT schema by thinking of it as the ability to power life processes such as thinking or movement [25].
VERTICAL-ORIENTATION schema	Johnson [9] attributes the spatial understanding of verticality (top / bottom) to physical experiences with our asymmetrically structured body and its axis Furthermore, the effect of gravity plays an important role: experiences with falling things support the idea of verticality [ibid.]	On the basis of this schema, a number of everyday facts are understood metaphorically. The MORE IS UP (or LESS IS DOWN) metaphor is frequently used, as the following examples illustrate: <ul style="list-style-type: none"> • He has made it to the top of the party. • The share is on a downward spiral and is hardly worth anything. The use of everyday experiences with verticality for understanding abstract phenomena is an example of the construction of "orientation metaphors" [2].
OBJECT schema	The logic of this schema is trivial. Material entities (objects) can usually be understood directly and thus be represented conceptually (e.g. a stone, an apple or a cup).	In contrast, we often understand non-physical things physically through "substance metaphors" [2]. Examples of the metaphorical use of the OBJECT schema can be found in the comprehension of biological facts. We understand the mathematical-physical idea of energy with the help of the OBJECT schema, for example: Students (and scientists) imagine that energy is a material component of food [25].
DECREASE schema (INCREASE schema)	Riemeier [19] describes cognitive schemata that are used to construct everyday ideas of growth. These include cognitive experiences with material entities that can grow larger (INCREASE schema) or smaller (DECREASE schema) over time.	The processes of becoming larger or smaller, which are directly perceptible, can be used cognitively to understand abstract things metaphorically, as the following exemplary statements show: <ul style="list-style-type: none"> • Janina's expertise has become much greater. • Grandpa's empathy has diminished considerably. • The fear of a stock market crash has diminished. Abstractly understandable facts such as changes in knowledge or feelings are understood with the INCREASE or DECREASE schema.

4. Research design

4.1. Model of educational reconstruction

The model of educational reconstruction (MER) [11] was developed as a theoretical and methodological framework for the planning, realization and evaluation of educational research. It aims at optimizing the teaching and learning of certain subject contents. This involves analysing learners' ideas of specific issues to identify difficulties in understanding (learning potential diagnosis). In addition, the teaching potential of scientific concepts listed in academic textbooks is examined (teaching potential analysis). In a reciprocal comparison, the respective ideas regarding commonalities and differences are examined. Based on the findings it is feasible to create possible options for the design of learning environments and teaching interventions (educational structuring).

4.2. Methods

A re-analysis of research data is carried out to diagnose learning potentials. According to Bortz and Döring [12], such a selective secondary analysis of specific research data has to be conceptually distinguished from a meta-analysis of comprehensive research findings. The findings are taken from a previous study of medical students' ideas of the ECG [1]. In the course of this analysis, medical students (n=10) were interviewed individually using problem-centred, guideline-based interviews [13]. In addition, a developed intervention was tested with the help of individually conducted teaching experiments [14] using thinking aloud protocols [15]. The students were primarily asked about the electrocardiogram, but were also encouraged to express their opinions on the phenomenon of excitation (e.g. What do students imagine excitation to be, how does it originate, how do test persons imagine excitation in the heart in the course of time, which aspects of excitation are shown in the ECG and how are they shown). All test persons were informed in detail about the methodological procedure and have given their consent. The data were anonymised, a matching of the quotations to corresponding persons is not possible due to pseudonyms.

In the context of this second access, the focus lies on the reconstruction of the concept of excitation that students constructed in the single interviews conducted. The available interview data (here: statements and video-graphed gestures) are again examined by using qualitative content analysis [16]. According to Mayring's "scientific method" [17], the results are interpreted against the background of the research question and the identification of categories. The approach of inductive categorization [17] is used here, in which ideas are interpreted using systematic metaphor analysis [5]. For this purpose, all utterances are extracted that refer to the process of heart excitation – either in principle or specifically in the context of the ECG. The identified conceptual metaphors of excitation are denoted in by X is Y. The capitalised Is means

is understood as. X stands for an abstract fact that is understood by an experience-based conception Y. The identified cognitive schemata, which underlie metaphorical thinking, are presented in small caps. The following table 2 shows how statements, conceptual metaphors and underlying cognitive schemata are separated.

In this way, all identifiable metaphors for the concept of excitation are collected, interpreted and assigned to the respective, anonymised test persons.

In order to ensure the transparency of the interpretation and the associated intersubjectivity [18], all explications are linked to concrete anchor quotations.

The teaching potential analysis is carried out in a similar way. Qualitative content analysis [16] is used by first summarizing meaningful text passages or illustrations from academic textbooks (ordered statements). This is followed by the reconstruction and interpretation of scientific ideas (explication), also using systematic metaphor analysis [5]. Academic textbooks are suitable for analysis because they present scientific ideas (here: heart excitation) especially addressed to students [11]. A total of three common textbooks are used for this examination. The focus was on literature which can be usually found in textbook collections of medical libraries.

5. Results

The following results are structured according to the investigation steps of the MER.

5.1. Learning potential diagnosis

For the sake of clarity, exemplary quotations from selected test subjects are listed (ordered statements) and analysed from a teaching perspective (explication). In the course of this, the metaphor analysis is carried out, from which metaphorical understanding (individual structuring) is derived. The underlined statements are of particular relevance for explication. They represent key words or text passages on the basis of which metaphorical concepts of excitation are derived. In this way the comprehensibility of the interpretation is ensured.

5.1.1. Excitation concept A: excitation can rise and fall (VERTICAL-ORIENTATION schema)

Johannes_4 (103-129): "When I measure something in millivolts, that is a voltage (...) Well, I would say that the excitation is highest here (pointing to the maximum of the R-wave), or rather the voltage."

Johannes_4 (147-158): "This is the P-wave. The other is also the P-wave – the ascending and descending part of the P-wave. This is then the descending [part of the P-wave]. Since this is the atrial excitation, [I interpret this as] the rising and falling excitation of the atria."

The constructed idea can be traced back to the metaphorical use of basic cognitions about verticality. In the light

Table 2: Derivation of conceptual metaphors

Statement	"Excitation is sent out from the sinus node and then spreads out across the heart. Excitation is led through special fibres."
Conceptual metaphor	This linguistic utterance suggests that the process of electrical excitation which cannot be experienced is understood via a substance metaphor. Excitation is understood as a substance-like entity: Excitation Is Substance
Cognitive schema	OBJECT schema

of the conceptual metaphor theory it becomes clear that the abstract fact of excitation is understood to be a state that is variable on an imagined vertical scale. In this respect, the anchor quotations indicate that excitement can "rise" and "fall" or reach a "highest point" in John's imagination. The conception of rising and falling excitation is based on the metaphorical projection of the VERTICAL-ORIENTATION schema – a fact which is not directly comprehensible is then understood by an "orientation metaphor" [2].

From a teaching perspective, this idea proves to be problematic, since for John excitation and voltage have the same semantic meaning. For the test subject, the maximum of the R wave is both the point of "highest voltage" and the moment of "maximum excitation". The test person overlooks the fact that an extracellular potential difference is measured or mapped in the ECG, but not the excitation of the heart tissue itself. Excitation is thus erroneously equated with the potential difference externally derived in the ECG (which can indeed be imagined as falling and rising). Trauschke [1] was able to show that misconceptions of the ECG arise in this way. Similar difficulties in understanding excitation are also shown by Kathrin's statement:

Kathrin_13 (300): "In any case, with the sinking of the P-wave no loss of voltage occurs, but simply the excitation of another part of the atrium. The excitation does not become less, but still increases and the voltage still decreases, I don't understand that yet".

The test subject obviously does not succeed in separating the processes of excitation from the extracellular potential differences shown in the ECG, either.

5.1.2. Excitation concept B: excitation is a directionally moving entity (OBJECT schema; SOURCE-PATH-GOAL schema)

Johannes_4 (397-402): "[I imagine] that the excitation follows the same path that it has taken through the heart muscles, i.e. once from A to B and again from B back to A – spatially speaking."

Johannes_4 (508-516): "If you take it very strictly in a spatial way, this part of the S-wave must still be there because when the excitation has reached the apex of the heart here, the excitation moves relatively quickly to the ends [shows with both hands a path from the lower end of the heart to the upper ends of the two ventricles]."

The non-physical is often understood physically by using substance metaphors [2]. The anchor quotations suggest that excitation is also understood as a kind of moving,

quasi-material entity that moves through the heart. The basal cognition used is the OBJECT schema. Johannes imagines excitation passing through heart muscle cells from a defined point A and returning to a destination (point B). According to our everyday experience, the traveling of a path can only be attributed to a material entity. The conception is supported by gestures, in that the imaginary course of excitation (cf. Anker's quotation 5) is shown by a parabolic upward movement of the hands from a starting point (=tip of the heart). The abstract phenomenon of excitation is thus also made comprehensible by the SOURCE-PATH-GOAL schema.

Jan also imagines excitation as a quasi-material entity (excitation is an object) that is moving through the heart tissue. The abstract process of excitation transmission is also mentally structured by the SOURCE-PATH-GOAL schema because excitation is understood as a trajectory passing through start and end points.

Jan_7 (189-206): "My idea of excitation that spreads out across the atrium [is that] I have the image of the anatomy of the atrium in front of me. I see a room in front of me and then I imagine that the excitation is there and then it starts somewhere and I visualise the excitation in such a way that I change the colour of this area. Then I [imagine] that this is simply a spreading, [that] the excitation, this colour, [spreads] until the whole atrium has this colour."

From the perspective of education, another idea that hinders learning is presented here. Its focus is not on the functionality of excitation, but only on the local change of an entity. The central scientific idea of locally spreading depolarisations and the electromechanical coupling that ultimately results from them are not considered, however. Furthermore, it is not appropriate to imagine excitation going back and forth because it is not possible to distinguish between de- and repolarisation in this way.

5.1.3. Excitation concept C: excitation is muscle tone and enables blood movement (ENABLEMENT schema)

Johannes_4 (429-452): "Excitation is what we actually say, when a muscle is excited we always mean that it contracts. When I think about at what point in time the excitation or the maximum excitation occurs, I would say this is the case when the heart muscle is at maximum contraction and that would be in the ejection phase, in systole, when it tries with all its strength to eject the blood (...) So intuitively I would say that maybe [on the R-peak] the whole thing is maximal."

Excitation is thought to be the heart's ability to pump. The variable manifestation of excitation is equated to the muscle tone ("contractility") of the heart. Therefore, the contractility of the heart is thought to be the ability to let something possible transfer into something existing. This idea is based on the use of the ENABLEMENT schema [9]. Seen from an educational perspective, this is a misleading idea. This concept of excitation is unaware of electrochemical processes on cell membranes. The test subject does not imagine an appropriate relationship between excitation and contraction.

5.1.4. Excitation concept D: regression of excitation (DECREASE schema)

From an educational point of view, the idea of regressing excitation is relevant, which will be shown below. Annalena introduces the idea that excitation increases and decreases (diminishes). This conception is considered to be experience-based. Cognitions of becoming smaller or larger, which, according to Riemeier, stem from the everyday understanding of growth, are used metaphorically [19].

Annalena_8 (56-65): "I would say [that] here (on the ST route) the excitation is greatest, because the ventricles are then completely excited and then is the transition. So there the excitation decreases again with the regression of excitation."

Annalena_8 (555-574): "[If I wrote down the main statement of the ECG,] I would now think about what I would like to have in there. (...) So the ECG measures the electrical excitation propagation and regression in the atria and ventricles of the heart. Now I'm thinking, that it shows that in millivolts."

From an educational point of view, the idea of regressing excitation – after all used as an antonym for excitation propagation in academic textbooks [20], [21], [22] – is misleading. The term propagation refers to the spatial distribution of entities. When an entity spreads out, it occupies more and more space or area. The conception of excitation propagation is therefore scientifically appropriate, since a process (depolarisation) is locally propagated along heart muscle cell membranes.

However, the concept of regression is inappropriate, it is contrary to an adequate understanding of spreading repolarisation: The term regression refers to the decrease in phenomenological manifestations. For example, symptoms of a disease can recede or subside. A swelling or an organ (e.g. uterus after delivery) can also recede. However, this notion is not suitable for an appropriate description of the renewed reversal of the membrane potential through ion fluxes (repolarisation) and its local spreading. Spreading (something spreads) and regression (something becomes smaller, decreases) are non-suitable linguistic terms to describe the twofold reversal and respective conduction of membrane potential changes by ion flows (de- and repolarisation).

An impeding influence on learning can also be seen in Kathrin's statements. She speaks of excitation regression

and even of "re-excitation". Thus, it becomes clear that the basal cognition of regression is not suitable for describing the electrical processes in the heart in a relevant way.

Kathrin_13 (225-249): "Well, it [the excitation] already diminishes, but that does not mean that the excitation is already complete and is going to *regress*."

Kathrin_13 (286-294): "The ECG shows the excitation of the heart, i.e. atrium and myocardium, and is based on the anatomical relations. The re-excitation is then also seen in the last wave. There is a physiological reason for all this. So I wrote: the ECG shows the excitation of the heart, i.e. the atrium and the myocardium, based on anatomical relations and in the last part you can see the re-excitation of the myocardium."

An impeding effect on learning can also be seen in Kathrin's statements. She speaks of excitation regression and even of "re-excitation". Thus, it becomes clear that the basal cognition of regression is not suitable for describing the electrical processes in the heart in a relevant way.

In summary, it is shown which ideas could be identified within the groups of test subjects (see table 3).

5.1.5. Limitations

The reconstructed conceptions have no claim to completeness. Likewise, they cannot be representative which is due to the dependence on the qualitative approach necessary for the interpretation of subjective worlds of meaning. Thus, a generalization beyond the sample is not possible. However, the main value of the research results is the gaining of insights into potential misconceptions and to describe them in a clear-cut manner.

A further limitation is based on the methodological approach. It cannot be ruled out that further statements could be triggered in problem-centred and guideline-based interviews, if the interview guideline focused mainly on the concept of excitation (in the interviews carried out this was only a partial aspect, because it was primarily a matter of recording ideas about the physiological ECG). Moreover, it is possible that students would identify these misconceptions if they were explicitly confronted with them in a retrospective survey. Therefore, the findings have to be declared as context- and situation-dependent.

5.2. Teaching potential analysis

The research task consists of the methodically controlled, systematic investigation of scientific statements from an educational perspective [11]. These scientific ideas are subjected to an educational (not a scientific!) analysis. In this process, their potential for teaching is examined with regard to misleading ideas, i.e. whether and to what extent the scientific representations can promote or impede teaching or learning. For the sake of clarity, the teaching potential diagnosis only looks at examples.

Table 3: Concepts of excitation identified within the sample

	Johannes_4	Linda_5	Marlene_6	Jan_7	Annalena_8	Ines_9	Sophie_10	Tobias_11	Daniela_12	Kathrin_13
Excitation can rise or fall (VERTICAL-ORIENTATION schema)	x	(x)	-	-	-	-	x	x	-	x
Excitation is a directionally moving entity (OBJECT schema; SOURCE-PATH-GOAL schema)	x	x	(x)	x	x	(x)	(x)	(x)	(x)	x
Excitation is muscle tone and enables blood movement (ENABLEMENT schema)	x	-	-	-	x	-	-	-	-	-
Regression of excitation (DECREASE schema)	x	x	x	x	x	x	-	-	(x)	x

x Excitation concept identified
 (x) Indifferent data situation (excitation concept cannot be sufficiently proven)
 - No evidence of excitation concept

5.2.1. Excitation concept B: excitation is a directionally moving entity (OBJECT schema; SOURCE-PATH-GOAL schema)

Johannes and Jan construe inappropriate ideas of the transmission of excitation. They imagine excitation as a quasi-material entity, that moves back and forth in the heart, without describing its functionality. A linguistic and figural representation (see [20], image 14.18 to cardiac excitation, where excitation is understood as a quasi-material entity) used by Silverthorn [20] must indeed be viewed critically with regard to such a substance-like notion of excitation (spreading violet colouring). Since the facts of the changing electrical properties are not dealt with, this type of external representation lacks a central subject-related component: The process of excitation is represented insufficiently. Due to the two-dimensional colouring, however, excitation can be perceived by readers as a quasi-material fluid which is distributed within the heart.

Furthermore, aspects of repolarisation are not represented visually. In contrast, this is done in an analogue visualisation in Silbernagl and Despopoulos [21]. Under the heading “Excitation propagation in the heart” (195, fig. C), repolarisation is also included. However, this makes it clear that two fundamentally divergent concepts of excitation propagation are presented:

1. excitation propagation = propagation of depolarisation
2. excitation propagation = propagation of de- and repolarisation

From a teaching point of view, this subject-related inconsistency is questionable because learners are confronted with fundamentally different ideas.

5.2.2. Excitation concept D: Regression of excitation (DECREASE schema)

Considering scientific statements from an educational perspective reveals that even in scientific sources misleading everyday conceptions can be identified [23]. This can be illustrated by the use of the term “regression”,

which is not appropriate to the subject. Fleischmann and colleagues [22] explain in chapter “8.1.1 Heart excitation” the “spreading of excitation” (394). In this regard, they distinguish between excitation propagation and degeneration.

(394): “Precise knowledge of the propagation and regression of excitation in the heart is a prerequisite for understanding the ECG”. (...) “The excitation reaches the AV node very early, before the atria are fully excited. (...)” “The excitation then spreads very quickly via the excitation conduction system of the ventricles. ”

(400): “The P-wave indicates the propagation of the excitation through the atria, (...)”.

(395): “The excitation regresses from the apex of the heart (...)”.

(401): “The T-wave signals the regression of the excitation in the ventricles, (...)”.

The propagation of excitation, i.e. the continuing depolarisation between neighbouring heart muscle cells, is basically a scientifically appropriate term. However, the term can promote a quasi-material idea of excitation (5.1.4). The concept of regression, on the other hand, must be viewed critically from a professional and educational perspective. As already explained, the term regression is used to describe the basal, experience-based cognitions of becoming smaller (DECREASE schema). Nevertheless, the metaphorical use of this idea of regression is inappropriate to describe a process reciprocal to excitation propagation (strictly speaking, containment would be the semantically appropriate counter term to propagation). But exactly this would be needed from a physiological point of view because the process depicted as regression is conceptually identical on a molecular level (renewed charge reversal by ion currents). Depolarisation (reversal of a membrane potential) and repolarisation (renewed reversal of the membrane potential to the initial state) would have to spread equally according to this functional logic - an idea apparently preferred by Silbernagl and Despopoulos (see [21], figure to excitation propagation). However, this is exactly what is imprecisely represented by the word pair excitement propagation versus excitation

regression. The regression of excitation is thus basically a misleading term.

5.2.3. Limitations

Since this diagnosis of potential for teaching has an exemplary character, no claim is made to completeness. Nevertheless, it should be stated that the analysis of more textbooks could lead to more empirical findings and thus, the sample of gathered conceptions could be enlarged. Due to the qualitative research approach it can also be stated that the data are not representative. Historical sources are sometimes examined in the context of the teaching potential diagnosis as this provides insights into the history of concepts [11]. No such in-depth form of examination was carried out. It could, however, prove useful in order to clarify the term “excitation”, which is used vaguely in the cardiological context, in a more decisive way with regard to its origin and meaning.

6. Discussion and educational approaches

The diagnosis of learning potential shows how misguided ideas can be identified using a neurocognitive-linguistic theory of understanding. Regarding this, four conceptual metaphors structure the ideas of heart excitation of the test subjects (see also figure 2).

1. VERTICAL-ORIENTATION schema: Excitation is understood as a rising and falling state (and equated with extracellular potential differences), which is shown in the ECG curve.
2. SOURCE-PATH-GOAL schema, OBJECT schema: Excitation is understood as a quasi-material entity that moves back and forth in a directed manner within the heart. The continuing depolarizations that occur in this process are not taken into account, nor is electromechanical coupling considered as being the subsequent process.
3. ENABLEMENT schema: Excitation is understood as the tone or the tension of the myocardium.
4. DECREASE schema: Excitation is understood as an electrical phenomenon that can regress (decay, decrease). In one case, an additional idea of re-excitation could be identified.

As the exemplary teaching potential analysis presented here shows, the idea of excitation as a quasi-material entity moving within the heart can also be found in academic textbooks (SOURCE-PATH-GOAL schema, OBJECT schema). It also applies to the conception of excitation regression (DECREASE schema). It therefore becomes clear that scientific ideas are sometimes based on the same experience-based cognitions as learners' ideas. However, this research approach does not allow any conclusions as to whether and to what extent these conceptions contribute to the formation of the inappropriate subject-related perceptions of students or if they are even

causally related to them. However, it is reasonable to assume that these textbook concepts do not contribute to the construction of adequate concepts. Nor can they cause a re-learning towards adequate ideas. The step in the study in which we analyse the teaching potential of textbooks, thus fundamentally clarifies the benefit of a subject-related educational analysis of scientific ideas because aspects that hinder learning can be identified herewith. Furthermore, the analysis of teaching potentials provides – here as an example – the insight that professional concepts are not clearly communicated across textbooks. For example, it is unclear to learners whether the processes of de- and repolarisation can be carried out under excitation, or whether excitation can only be described as depolarisation of the heart muscle cells. Such professional uncertainty, represented by corresponding diagrams (see [20], image to excitation in the heart, where excitation is understood as a quasi-material entity and [21], figure to excitation propagation), is deplorable from a teaching perspective as it poses an obstacle to learning.

In the following, the misleading ideas that were recorded are discussed. Approaches for the planning of teaching approaches are also outlined.

6.1. Excitation versus differences in extracellular potentials

Knowledge of the individual conceptions provides further indications of difficulties that students may have in understanding the physiological ECG. In this context, the misconceived idea that an ECG represents the increase or decrease of excitation (VERTICAL-ORIENTATION schema) is of importance. On the one hand, the actual cause for the formation of the ECG curve (extracellular potential differences) is disregarded. On the other hand, this way no idea can be constructed that the ECG curve represents the direction of the excitation transmission. In order to facilitate learning, a suitable approach to avoid or overcome this inappropriate conception should highlight the relationship between electrical excitation, difference in extracellular potential and curve shapes in the ECG. A sophisticated illustration can be found in Pape, Kurtz and Silbernagl ([24], 205, Fig. 5.31). Here excitation is illustrated as a process of charge redistribution along the cell membranes of heart muscle cells. At the same time, it is clearly shown that this molecular process is not directly depicted in the ECG.

Furthermore, the processual nature of excitation is indicated. Although the ion ratios are not shown, the resulting charge ratios are represented. This is also to be regarded as conducive to learning considering the difficulties in understanding (6.2 and 6.3) discussed below.

6.2. Excitation is a process and not a moving substance

In the research of science education it is well-known that abstract phenomena such as energy or heat are under-

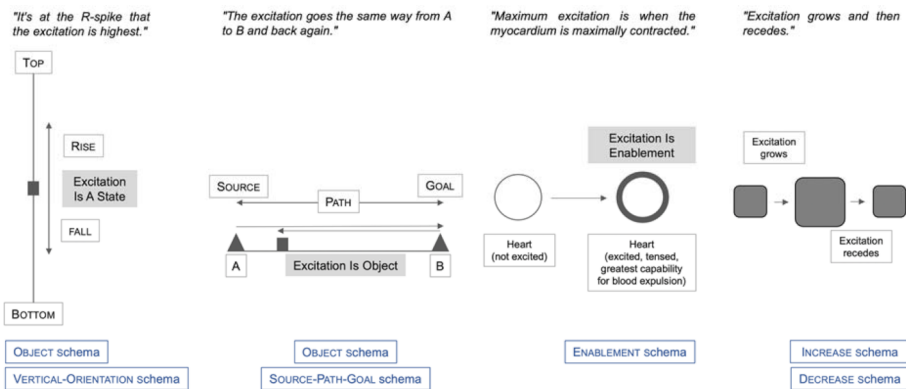


Figure 2: Cognitive schemas used metaphorically in understanding cardiac excitation.

stood as quasi-material phenomena employing substance metaphors [25]. In this respect, the conception of excitation as a substance-like entity, as captured here, corresponds to the expectations of metaphor theory. Even in scientific textbooks, our thinking and the associated use of language hardly allows us to avoid substance metaphors. Nevertheless, an attempt should be made, especially in textbooks, to emphasise the processual nature of the excitation process (transferred de- and repolarisation). This is precisely what students should learn in order to grasp the connection between excitation and the differences in extracellular potentials caused by it and thus be able to understand the fundamental principles of ECG development.

With regard to visualisations in academic textbooks, illustrations which depict excitation propagation without reference to the changing charge conditions (see [20], image to cardiac excitation, where excitation is understood as a quasi-material entity) and thus convey both a substantial and an incomplete concept of excitation propagation (cf. above all the ideas of the test subject Jan) should therefore be avoided.

Apart from the molecular aspects not taken into account, the idea of a substance-like excitation, which is spreading, also falls short with regard to causal relationships since the connection between electrical excitation and mechanical coupling is not explained. Linguistically or figuratively expressed notions in which the arrival of excitation is the goal are therefore not suitable concepts in the sense of scientific causality. In graphic illustrations, the completely depolarised heart should therefore not be shown as the target, but rather as the starting point for initiating muscular contractions. In this way, the conceptual void in the test persons' ideas could be prevented.

6.3. Misunderstanding excitation as a mechanical state

As it turns out, the degree of contraction of the myocardium can be falsely conceptualized by the term excitation. This may be categorised as a pronounced weakness in understanding in advanced students. However, in the light of the theory of embodied cognitions this conception can be explained easily. Muscle tone can be experienced in the real world. The term excitation is also used every

day to describe the feeling of excitement or tension. It is therefore understandable that in individual cases, in which professional discussions of the subject probably took place on a rather superficial level, the physical experience of tension structures the understanding of heart activity. Aiming towards learnability, however, a pronounced obstacle to learning becomes apparent in two respects: First, excitation is not understood as the redistribution of ions and the resulting differences in membrane potential. Second, excitation is not understood as a process at all, but as a state. A basic approach to teaching should therefore a) focus on excitation being a process (cf. also 6.1) and also b) focus less on the organ level (see [20], image to excitation in the heart, where excitation is understood as a quasi-material entity) and more on the cell and molecule level. It is precisely at this system level of living things that the processes of ion redistribution (excitation) and the resulting mechanical processes (contractions of the sarcomeres) can be represented in a much more useful way.

6.4. Excitation cannot recede

From an educational point of view the usage of the term “regression of excitation” for a reciprocal process for the propagation of excitation has to be discussed. The term excitation propagation refers to excitation as a change in membrane potential (depolarisation) and the local transmission of this process across adjacent cells. The word regression, on the other hand, neglects the aspect that repolarization is also a process of spreading. The term is not suitable to show that the original membrane potential is restored after excitation. However, excitation – i.e. the depolarisation of a membrane beyond a threshold potential – cannot regress (= decay, decrease). What is meant and what is more appropriate from a professional point of view, is rather the concept of reversal or restoration, which could also be represented metaphorically: the TWIN-PAN-BALANCE schema [9] is a suitable basal cognition for this. Accordingly, we have basal cognitions of balancing, for example derived from playing on a seesaw. The seesaw has two load arms and a rotation axis and we have usually had physical experience of how these load arms behave in relation to weight and movement. The ideas of balance gained from this interaction

are used to understand abstract facts metaphorically, e.g.:

- Lara is much more emotionally balanced today than yesterday.
- The level of punishment and the extent of crime should balance each other out.

The schema is subjectively appropriate in that two variable states of the membrane potential – depolarised and repolarised – are set alternately. The entire system can virtually assume two states, each of which can be transferred back to the other. Electrical excitation phenomena can also be communicated via this scheme. Corresponding statements can basically be constructed as follows:

- Excitation: Ion currents along the cell membrane cause a reversal of the charge distribution (depolarisation). The cell can be called excited.
- Excited cells act as a stimulus on surrounding muscle cells and also imitate depolarisation there. In this way, the process of excitation is spatially transmitted within the heart tissue.
- By spreading the redistribution of ions, the charge conditions are reversed again. The achievement of the original membrane potential associated with this is called repolarisation.

7. Conclusions

Teachers often do not consider the effectiveness of teaching impulses on the cognitive learning process of learners. Pfäffli [26], for example, criticises that university teachers derive their teaching process from subjective ideas about learning. Thus, teaching often takes place as a pure sequence of monologic lectures contrary to recommendations of constructivist theories of teaching and learning interactions. Knowledge about possible difficulties in understanding therefore fundamentally broadens the perspective of teachers because more focus can be placed on the results of planned learning situations.

With regard to a professionally appropriate understanding of heart stimulation, the metaphorical ideas of students show obstacles for learning. As the analysis of the teaching potential analysis shows, similar non-suitable conceptions can also be found in academic textbooks. This suggests that subject-specific ideas should be critically and constructively examined from a teaching perspective in order to revise any misleading representations of scientific concepts that may hinder learning.

In principle, this re-analysis provides further insights into how inappropriate ideas about cardiac excitation can lead to the difficulties in understanding the ECG curve [1] previously identified. This includes the conception of excitation as a substance-like entity or as a state of muscular contraction. The idea of excitation regression identified in students' statements and academic textbooks was found to be fundamentally inappropriate. It therefore seems advisable, in preclinical teaching, to precisely de-

scribe cardiac excitation phenomena at the molecular level as a process of de- and repolarisation by ion flows. Especially in iconic representations of the transmission of de- and repolarisation, substance metaphors should be avoided because they neglect the core scientific aspects on the electrochemical level.

The misguided ideas shown can also be used to contrast them in courses with subject-related correct concepts and thus create cognitive conflicts as a starting point for learning. In addition, students can be presented with inappropriate ideas in seminars for critical review and correction, thus enabling a deeper examination of the subject matter.

As is made clear in this paper, the educational view of subject matter also leads to findings that are relevant for teaching and learning. This includes the analysis of the misleading description of excitation regression in textbooks, which does not provide learners with an understandable representation of the molecular processes on heart muscle cells. The model of educational reconstruction, in conjunction with conceptual metaphor theory, has therefore proved to be a fruitful research design for analysing ideas about subject matter. In the future, ideas that university lecturers have of heart excitation and the significance of the ECG would be of research interest. In addition, it could also be examined which individual teaching experience they have with students.

Acknowledgements

Special thanks go to Ute Heine for scholarly exchange. I give also thanks to the reviewers for their constructive suggestions on the manuscript.

Competing interests

The author declares that he has no competing interests.

References

1. Tauschke M. A qualitative study on the development and rectification of advanced medical students' misconceptions about the physiological electrocardiogram (ECG). *GMS J Med Educ.* 2019;36(6):Doc72. DOI: 10.3205/zma001280
2. Lakoff G, Johnson M. *Metaphors We Live By*. Chicago, London: The University of Chicago Press; 1980.
3. Gropengießer H. *Lebenswelten, Denkwelten, Sprechwelten. Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann*. Oldenburg: Didaktisches Zentrum; 2003.
4. Lakoff G. Mapping the brain's metaphor circuitry: metaphorical thought in everyday reason. *Front Hum Neurosci.* 2014;8:958. DOI: 10.3389/fnhum.2014.00958
5. Schmitt R. Systematic Metaphor Analysis as a Method of Qualitative Research. *Qual Report.* 2005;10(2):358-394.
6. Lakoff G, Nunez RE. *Where Mathematics Comes From*. New York: Basic Books; 2000.

7. Lakoff G. Women, Fire, and Dangerous Things. What Categories Reveal about the Mind. Chicago: Univ. of Chicago Press; 1987. DOI: 10.7208/chicago/9780226471013.001.0001
8. Rohrer T. Image Schemas in the Brain. In: Hampe B, Grady J, editors. From Perception to Meaning: Image Schemas in Cognitive Linguistics. Berlin: Mouton de Gruyter; 2005. p.165-196. DOI: 10.1515/9783110197532.2.165
9. Johnson M. The body in the mind: The bodily basis of meaning, imagination, and reason. Chicago: University of Chicago Press; 1987. DOI: 10.7208/chicago/9780226177847.001.0001
10. Boroditsky L. Metaphoric structuring: Understanding time through spatial metaphors. *Cognition*. 2000;75(1):1-28. DOI: 10.1016/S0010-0277(99)00073-6
11. Duit R, Gropengießer H, Kattmann U, Komorek M, Parchmann I. The Model of Educational Reconstruction - a Framework for Improving Teaching and Learning Science. In: Jorde D, Dillon J, editors. Science Education Research and Practice in Europe. Cultural Perspectives in Science Education. Vol.5. Rotterdam: SensePublishers; 2012. DOI: 10.1007/978-94-6091-900-8_2
12. Bortz J, Döring N. Forschungsmethoden und Evaluation für Human und Sozialwissenschaftler. 4. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2006. p.370. DOI: 10.1007/978-3-540-33306-7
13. Niebert K, Gropengießer H. Leitfadengestützte Interviews. In: Krüger D, Parchmann I, Schecker H, editors. Methoden der Naturwissenschaftsdidaktik. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2014. p.121-132. DOI: 10.1007/978-3-642-37827-0_10
14. Steffe LP, Thompson PW. Teaching Experiment Methodology: Underlying Principles and Essential Elements. In: Lesh R, Kelly AE, editors. Research design in mathematics and science education. Hillsdale, NJ: Erlbaum; 2000. p.267-307.
15. Ericsson KA, Simon HA. How to Study Thinking in Everyday Life: Contrasting Think-Aloud Protocols with Descriptions and Explanations of Thinking. *Mind Cult Act*. 1998;5(3):178-186. DOI: 10.1207/s15327884mca0503_3
16. Mayring P. Qualitative Content Analysis. *FQS*. 2014;1(2):e20. DOI: 10.17169/fqs-1.2.1089
17. Mayring P. Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. 8. Auflage. Weinheim: Beltz; 2008.
18. Steinke I. Quality Criteria in Qualitative Research. In: Flick U, von Kardorff E, Steinke I, editors. A Companion to Qualitative Research. London, Thousand Oaks, New Delhi: Sage Publications; 2004. p.184-190.
19. Riemeier T. Biologie verstehen: Die Zelltheorie. Oldenburg: Didaktisches Zentrum; 2005.
20. Silverthorn DU. Physiologie. 4. Auflage. München: Pearson Studium. p.670-672.
21. Silbernagel S, Despopoulos A. Taschenatlas der Physiologie. Stuttgart, New York: Thieme; 2003. p.195.
22. Fleischmann B, Hescheler J, Kuschinsky W. Herz-Kreislauf-Funktion. In: Speckmann EJ, Hescheler J, Köhling R, editors. Physiologie. 5. Auflage. München: Urban & Fischer; 2008. p.389-401.
23. Niebert K, Marsch S, Treagust D. Understanding needs embodiment: A theory-guided reanalysis of the role of metaphors and analogies in understanding science. *Sci Educ*. 2012;96(5):849-877. DOI: 10.1002/sce.21026
24. Gödecke A, Schrader J, Kelm M. Das Herz. In: Pape HC, Kurtz A, Silbernagel S, editors. Physiologie. 9. Auflage. Stuttgart, New York: Thieme; 2019. p.194-206.
25. Tauschke M, Gropengießer H. "Sonnenstrahlung wird in Nahrung umgewandelt" - Biologie verstehen: Energie in Ökosystemen. *Erkenntnisweg Biol*. 2014;13:9-24.
26. Pfäffli BK. Lehren an Hochschulen: Eine Hochschuldidaktik für den Aufbau von Wissen und Kompetenzen. 2. Auflage. Stuttgart: UTB; 2015.

Corresponding author:

Dr. rer. net. Mathias Tauschke
Leibniz Universität Hannover, Institut für Didaktik der
Naturwissenschaften (AG Biologiedidaktik), Scheffelfeld
17, D-30657 Hannover, Germany, Phone: +49
(0)162/1006963
tauschke@idn.uni-hannover.de

Please cite as

Tauschke M. Diagnosing learning and teaching potentials – a cognitive linguistic analysis of conceptions of heart excitation. *GMS J Med Educ*. 2021;38(2):Doc41. DOI: 10.3205/zma001437, URN: urn:nbn:de:0183-zma0014377

This article is freely available from

<https://www.egms.de/en/journals/zma/2021-38/zma001437.shtml>

Received: 2020-02-20

Revised: 2020-09-01

Accepted: 2020-10-19

Published: 2021-02-15

Copyright

©2021 Tauschke. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License. See license information at <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

Lern- und Vermittlungspotenziale diagnostizieren – eine kognitionslinguistische Analyse über Vorstellungen zur Herzerregung

Zusammenfassung

Zielsetzung: Bei der Analyse von Verständnisschwierigkeiten über den Aussagegehalt eines Elektrokardiogramms ergaben sich Hinweise, dass diese auch durch fehlerleitende Vorstellungen über kardiale Erregungsphänomene bedingt werden. Durch eine Sekundäranalyse dieser Forschungsdaten soll daher das Verständnis von Medizinstudierenden über Herzerregung vertieft analysiert werden. Außerdem wird der in akademischen Lehrbüchern repräsentierte Erregungsbegriff aus didaktischer Perspektive untersucht.

Methodik: Zur Diagnostik von Lernpotenzialen wurden in einer vorausgegangenen Studie zum EKG-Verständnis Aussagen von Studierenden mithilfe problemzentrierter, Leitfaden-gestützter Interviews erfasst. Diese Daten wurden einer Sekundäranalyse unterzogen. Die Auswertung erfolgte durch qualitative Inhaltsanalyse. Vorstellungen über Herzerregung und die diesen zugrundeliegenden basalen Kognitionen wurden im Lichte der Conceptual Metaphor Theory mithilfe der systematischen Metaphertheorie analysiert. Dabei wurden konzeptbildende Metaphern identifiziert, welche das Verstehen dieses abstrakten Sachverhaltes strukturieren. In einem gleichartigen Vorgehen wurden wissenschaftliche Vorstellungen aus Lehrbüchern untersucht. Als Forschungsrahmen diente das Modell der didaktischen Rekonstruktion.

Ergebnisse: Anhand exemplarischer Fälle werden fachlich unpassende Vorstellungen aufgezeigt, die Studierende der Humanmedizin mit dem Phänomen der Erregung im kardiologischen Kontext konstruieren können. Erregung kann beispielsweise synonym zu den für das Zustandekommen eines EKG verantworten extrazellulären Potenzialdifferenzen fehlgedeutet werden. Mitunter wird unter Erregung sogar der Tonus des Myokards verstanden. Die Vermittlungspotenzialanalyse akademischer Lehrbücher zeigt insofern mögliche Verständnishürden auf, als dass Erregung nicht trennscharf hinsichtlich der De- und Repolarisierung von Herzmuskelzellen abgegrenzt wird. Überdies zeigt sich sowohl bei Studierenden als auch in Fachbüchern eine fachlich unpassende Vorstellung von Erregungsrückbildung.

Schlussfolgerung: Durch die vorgestellte Analyse von Lern und Vermittlungspotenzialen bietet sich die Möglichkeit, Verständnisschwierigkeiten hinsichtlich eines angemessenen Erregungsbegriffs zu identifizieren und Folgerungen für Vermittlungsinterventionen zu entwickeln.

Schlüsselwörter: Herzerregung, Elektrokardiogramm, kognitive Metaphertheorie, Modell der didaktischen Rekonstruktion

Mathias Trauschke¹

1. Leibniz Universität Hannover,
Institut für Didaktik der
Naturwissenschaften (AG
Biologiedidaktik), Hannover,
Deutschland

1. Einleitung

Das Befunden von Elektrokardiogrammen (EKG) gehört für Studierende der Humanmedizin zu den zentralen Ausbildungsinhalten. Dazu ist ein basales Verständnis eines physiologischen EKG notwendig. Allerdings zeigen sich diesbezüglich verschiedene fachlich unangemessene,

lernhinderliche Vorstellungen bei Medizinstudierenden höherer Semester. Beispielsweise sind Probanden nicht in der Lage, den Zusammenhang zwischen Kurvenverlauf und Richtung des Erregungsverlaufes zu bezeichnen [1]. Identifizierte Verständnisschwierigkeiten basieren unter anderem auf fachlich nicht angemessenen Vorstellungen von kardialen Erregungsphänomenen. Daher werden die Befunde der durchgeführten qualitativ-explorativen Interviewstudie über Vorstellungen zum physiologischen EKG

[1] reanalysiert, um explizit den Erregungsbegriff genauer zu untersuchen. Der Forschungsansatz zielt darauf ab, fachlich fehlleitende Vorstellungen über Herzerregung zu erfassen und Hinweise für lernförderliche Vermittlungsinterventionen zu gewinnen. Die Rekonstruktion von Vorstellungen erfolgt dabei auf der Basis sprachlicher Äußerungen mithilfe einer neurokognitionslinguistischen Verstehenstheorie [2], [3], [4] und unter Nutzung der systematischen Metaphernanalyse [5]. Im Aufsatz werden vier konzeptbildende Metaphern dargestellt, auf Basis derer Studierende die Vorgänge der Herzerregung fehlleitend verstehen können. Überdies wird aufgezeigt, dass gleichartige metaphorische Vorstellungen in akademischen Lehrbüchern vorkommen.

2. Theorie: Vorstellungen rekonstruieren und theoriebasiert analysieren

Die Arbeit zielt auf die Analyse von Vorstellungen zu kardialen Erregungsvorgängen ab. Unter dem Terminus Vorstellung wird in dieser Arbeit ein interpretativ erschlossenes, d.h. aus sprachlichen oder schriftlichen Äußerungen rekonstruiertes Abbild mentalen Erlebens verstanden, welches einem Individuum kontextspezifisch zugeschrieben werden kann. Vorstellungen werden überdies als eine für den Denkenden bedeutsame und Sinn bildende mentale Aktivität eines definierten Zeitraumes verstanden, wodurch sowohl Prozesshaftigkeit als auch Subjektivität [3] hervorgehoben werden.

Vorstellungen sind allerdings für Forschende gemäß konstruktivistischem Paradigma weder direkt noch objektiv zugänglich. Es ist lediglich möglich, aus sprachlichen beziehungsweise textlichen Äußerungen Rückschlüsse auf das Gedachte zu ziehen. Für das Rekonstruieren solcher subjektiver Bedeutungswelten wird daher ein qualitativ-explorativer Forschungsansatz gewählt.

Um Vorstellungen über Vorgänge der Herzerregung zu rekonstruieren, bedarf es einer geeigneten Verstehensstheorie. Da abstrakte Sachverhalte wie auch die biochemischen Vorgänge der kardialen Erregung über „konzeptbildende Metaphern“ [6] verstanden werden, wird die Conceptual Metaphor Theory [2], [3], [4] genutzt: Nach dem Ansatz der verkörperten Kognition (Embodied Cognition) generieren wir durch Interaktion mit unserer physischen und sozialen Umwelt verkörperte Vorstellungen, die den Kern unserer verfügbaren Kognitionen ausmachen. Durch unwillentliche Projektion solcher „cognitive primitives“ [6] können abstrakte Sachverhalte mental repräsentiert werden. Verkörperte, zur kognitiven Erschließung abstrakter Sachverhalte genutzte Vorstellungen werden dabei als konzeptbildende Metaphern bezeichnet. Dieser kognitionslinguistische Metaphernbegriff ist vom philosophischen und alltäglichen Verständnis einer Metapher klar abzugrenzen, da Metaphern hier traditionell als bewusst genutzte Ausdrücke bildhaft-poetischer Sprache bezeichnet werden [7]. Metaphern sind vielmehr

physisch im Gehirn manifestiert: Rohrer [8] konnte beispielsweise zeigen, dass beim metaphorischen Verstehen die gleichen Regionen im Gehirn angeregt werden wie durch die physische Erfahrung des Quellbereichs der Metapher. Spricht jemand über das Begreifen von Sachverhalten, die man nicht zu fassen bekommt, dann werden im Gehirn des Zuhörers primäre motorische und somatosensorische Bereiche der Hirnrinde aktiviert, die für die Bewegung der Hand und des Handgelenks zuständig sind.

Zu den verkörperten Vorstellungen gehören unter anderem definierte kognitive Schemata [7], [9], die in dieser Arbeit in der originalsprachlichen Fassung genannt werden. Am Beispiel des SOURCE-PATH-GOAL-Schemas [9] wird nachfolgend an alltäglichen Vorstellungen grundsätzlich verdeutlicht, wie Schemata als konzeptbildende Metaphern beim Verstehen abstrakter Sachverhalte genutzt werden können (vgl. auch Abbildung 1). Direkt verständlich ist beispielsweise folgende Aussage:

„Marie verlässt die Sandkiste und geht über den Rasen auf die Terrasse.“

Ursächlich dafür sind nach Johnson [9] verkörperte Vorstellungen, die wir seit frühester Kindheit mit Fortbewegung im Raum gemacht haben. Körperliche Bewegungen oder Handlungen sind in der Regel an das Zurücklegen einer Strecke geknüpft. Dabei gibt es zumeist einen Startpunkt und ein Ziel, auf das wir uns als sich bewegende Entität zubewegen. Das SOURCE-PATH-GOAL-Schema ist als eine erfahrungsbasierte Kognition, über die wir verfügen und mithilfe derer der genannte Satz Bedeutung erlangen kann.

Zu einem nicht unmittelbar erfahrbaren Phänomen gehört die Zeit. Temporäre Prozesse können daher nur imaginativ – u. a. durch metaphorische Projektion des SOURCE-PATH-GOAL-Schemas – begriffen werden:

„Von jetzt an müssen wir weniger Termine annehmen. Der erste Advent liegt schon hinter uns und wir bewegen uns zügig auf Weihnachten zu. Geschenke haben wir aber noch nicht besorgt.“

Temporäre Phänomene können wir also mental repräsentieren, indem wir das verkörperte Schema von gerichteter Bewegung nutzen [10]. Zeitliche Ereignisse begreifen wir dabei metaphorisch als Orte, die Zeit selbst wird als zurückgelegter (oder noch zu beschreitender) Weg verstanden. Dabei verstehen wir uns selbst als bewegliche Entitäten, die sich gerichtet auf einem Weg bewegen. Zeitverläufe werden metaphorisch als gerichtete Bewegungen entlang eines Weges gedacht [11].

In der Kognitionslinguistik wurden zahlreiche kognitive Schemata beschrieben, die das Verständnis abstrakter Sachverhalte ermöglichen [9]. Gropengießer [3] hat dargestellt, wie es durch das Herausarbeiten von konzeptbildenden Metaphern aus sprachlichen Äußerungen möglich wird, die Konstruktion von Vorstellungen zu abstrakten Sachverhalten kausal zu deuten. Auf diese Weise steht ein Analyse-Instrument für die Diagnose von Fehlvorstellungen zur Verfügung.

Zur besseren Verständlichkeit werden in Tabelle 1 die später bei der Analyse von Vorstellungen über kardiale

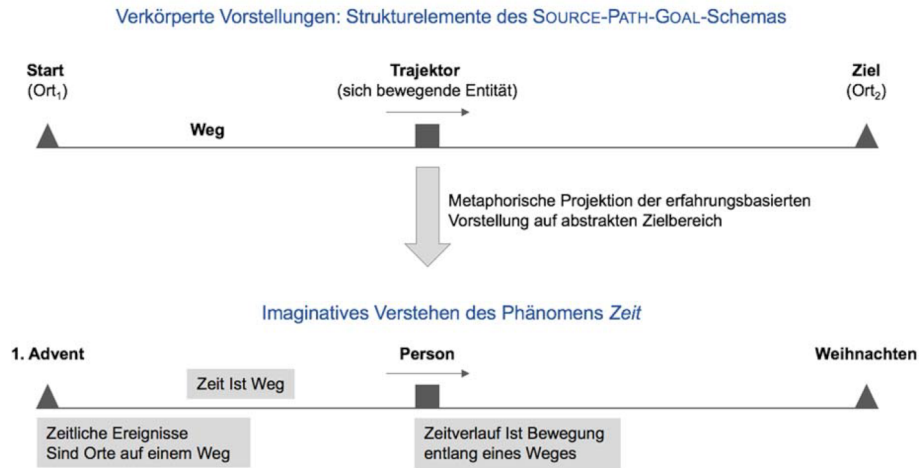


Abbildung 1: SOURCE-PATH-GOAL-Schema – verkörperte Kognition und metaphorische Projektion beim Verstehen zeitlicher Phänomene

Tabelle 1: Kognitive Schemata und deren metaphorische Nutzung beim Verstehen abstrakter Sachverhalte

Schema	Erläuterung	Metaphorische Projektion
ENABLEMENT-Schema	Das Schema wird zu einem Komplex basaler Kognitionen über Kraft und Wirkung gezählt. Es bezeichnet die physische Erfahrung von Antriebskraft, also die Befähigung zum Bewegen von Dingen oder das Verändern von Zuständen [9].	Energie, eine abstrakte physikalische Größe, mithilfe derer Vorgänge in Systemen bilanziert werden, wird oftmals metaphorisch mithilfe des ENABLEMENT-Schemas verstanden, indem sie als die Befähigung zum Antreiben von Lebensvorgängen wie Denken oder Bewegung gedacht wird [25].
VERTICAL ORIENTATION-Schema	Das räumliche Verständnis über die Vertikalität (oben / unten) führt Johnson [9] auf körperliche Erfahrungen mit dem axial asymmetrisch strukturierten eigenen Körper zurück Ferner spielt die Auswirkung der Schwerkraft eine wichtige Rolle: Die Erfahrungen mit fallende Dingen unterstützen die Vorstellung von Vertikalität [ebd.].	Auf Basis des Schemas werden eine Reihe alltäglicher Sachverhalte metaphorisch verstanden. Häufig ist die MEHR IST OBEN-Metapher (bzw. WENIG IST UNTEN), wie folgende Beispiele veranschaulichen: <ul style="list-style-type: none"> • Er hat es bis an die Spitze der Partei geschafft. • Die Aktie ist auf Talfahrt und kaum etwas wert. Das Nutzen lebensweltlicher Erfahrungen mit Vertikalität für das Verständnis abstrakter Phänomene ist ein Beispiel für die Konstruktion von „Orientierungsmetaphern“ [2].
OBJECT-Schema	Die Logik dieses Schemas ist trivial. Materielle Entitäten (Gegenstände) können wir in der Regel direkt begreifen und folglich begrifflich repräsentieren (z. B. ein Stein, ein Apfel oder ein Becher).	Nichtphysisches verstehen wir hingegen oftmals physisch durch „Substanzmetaphern“ [2]. Beispiele für die metaphorische Nutzung des OBJECT-Schemas finden sich beim Verstehen biologischer Sachverhalte. Das mathematisch-physikalische Abstraktum der Energie verstehen wir beispielsweise mithilfe des OBJECT-Schemas. Lernende (und Wissenschaftler) stellen sich vor, dass Energie ein materieller Bestandteil von Nahrungsmitteln ist [25].
DECREASE-Schema (INCREASE-Schema)	Riemeier [19] beschreibt kognitive Schemata, mithilfe derer alltägliche Vorstellungen zum Wachstum konstruiert werden. Dazu gehören kognitive Erfahrungen mit dinglichen Entitäten, die im Verlauf von Zeit größer (INCREASE-Schema) beziehungsweise kleiner werden (DECREASE-Schema) können.	Die unmittelbar verständlichen Vorgänge von größer oder kleiner werden können kognitiv genutzt werden, um abstrakte Dinge metaphorisch zu verstehen, wie folgende Aussagen exemplarisch zeigen: <ul style="list-style-type: none"> • Das Fachwissen von Janina ist viel größer geworden. • Opas Empathie hat sich stark zurückgebildet. • Die Sorge vor einem Börsencrash ist geschrumpft. Dabei werden die abstrakt verständlichen Sachverhalte wie Wissens- oder Gefühlsänderungen mit dem INCREASE- bzw. DECREASE-Schema begriffen.

Erregungsphänomene relevanten Schemata in ihrer basalen Logik erläutert und hinsichtlich ihrer grundsätzlichen metaphorischen Projizierbarkeit an ausgewählten fachdidaktischen Beispielen beleuchtet.

3. Forschungsfragen

Das Verständnis über ein EKG erfordert unter anderem fachlich angemessene Vorstellungen über Erregung im kardiologischen Kontext. Der Forschungsansatz soll einen Beitrag dazu liefern, mögliche Fehlvorstellungen über Herzerregung zu identifizieren, die von Studierenden der Humanmedizin konstruiert werden können. Folgende Forschungsfrage ist daher von Interesse:

- Welche Vorstellungen strukturieren den kardiologischen Erregungsbegriff Studierender der Humanmedizin und welche konzeptbildenden Metaphern liegen diesem Verständnis zugrunde?
- Welche wissenschaftlichen Vorstellungen über kardiale Erregung werden in akademischen Lehrbüchern konstruiert?

4. Forschungsrahmen und Methodik

4.1. Das Modell der didaktischen Rekonstruktion

Das Forschungsdesign orientiert sich am Modell der didaktischen Rekonstruktion (MdDR). Das MdDR [11] wurde als theoretischer und methodischer Rahmen für die Planung, Durchführung und Evaluation fachdidaktischer Forschungsarbeiten entwickelt. Es zielt auf die Optimierung des Lehrens und Lernens bestimmter fachlicher Inhalte ab. Dabei werden Vorstellungen Lernender zu bestimmten Fachthemen analysiert (Lernpotenzialdiagnose) und in einen wechselseitigen Vergleich mit den aus fachdidaktischer Perspektive analysierten fachwissenschaftlichen Konzepten aus akademischen Lehrbüchern gesetzt (Vermittlungspotenzialanalyse), um Gemeinsamkeiten oder Unterschiede ausmachen zu können. Darauf basierend lassen sich Optionen für die Vermittlung entwickeln, die identifizierte Verständnisprobleme oder lernförderliche Anknüpfungen hinsichtlich zuvor erfasster Vorstellungen berücksichtigen (didaktische Strukturierung).

4.2. Methodisches Vorgehen

Zur Lernpotenzialdiagnose wird eine Sekundäranalyse eigener Forschungsdaten vorgenommen. Nach Bortz und Döring [12] ist eine solche, punktuelle Sekundäranalyse spezifischer Untersuchungsdaten von einer Metaanalyse umfassender Forschungsbefunde begrifflich abzugrenzen. Die Befunde stammen aus einer Untersuchung über Vorstellungen von Medizinstudierenden zum EKG [1]. Im

Zuge der vorherigen Studie wurden Medizinstudierende (N=10) einzeln mithilfe problemzentrierter, Leitfadengestützter Interviews [13] befragt. Zudem wurde eine entwickelte Intervention mithilfe einzeln durchgeführter Vermittlungsexperimente [14] unter Nutzung von Lautem Denken [15] erprobt. Die Studierenden wurden darin primär zum Elektrokardiogramm befragt, dabei aber auch dazu angeregt, sich über das Phänomen der Erregung zu äußern (z. B.: Was stellen sich Studierende unter Erregung vor, wie entsteht sie, wie stellen sich Probanden Erregung im Herzen im zeitlichen Verlauf vor, welche Aspekte von Erregung zeigen sich wie im EKG). Alle Probanden wurden detailliert über das methodische Vorgehen informiert und haben ihr Einverständnis erklärt. Die Daten wurden anonymisiert, eine Zuordnung der Zitate zu entsprechenden Personen ist aufgrund von Pseudonymen nicht möglich. Im Rahmen dieses Zweitzugriffs liegt der Fokus auf der Rekonstruktion des Erregungsbegriffs, den Studierende in den durchgeführten Einzelinterviews konstruierten. Die vorliegenden Interviewdaten (hier: Aussagen und videografierte Gesten) werden erneut mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse [16] aufbereitet. In Anlehnung an die Mayrings „wissenschaftliche Methode“ [17] erfolgt dabei eine Interpretation der Ergebnisse vor dem Hintergrund von Fragestellung und Kategorienfindung. Genutzt wird dabei der Ansatz der induktiven Kategorienbildung [17], bei der Vorstellungen theoriebasiert mithilfe der systematischen Metaphernanalyse [5] interpretativ erschlossen werden. Dazu werden alle Äußerungen extrahiert, die sich auf den Vorgang der Herzerregung - grundsätzlich oder speziell im Kontext des EKG - beziehen. Die identifizierte Metaphernkonzepte, auf Basis derer Erregung mental repräsentiert wird, werden in diesem Aufsatz durch X Ist Y bezeichnet. Das groß geschriebene Ist bedeutet wird verstanden als. X steht für einen abstrakten Sachverhalt, der durch eine erfahrungsbasierte Vorstellung Y verstanden wird. Die identifizierten kognitiven Schemata, welche dem metaphorischem Denken zugrunde liegen, werden in Kapitelchen dargestellt. Die folgende Tabelle 2 zeigt, wie zwischen Aussagen, Metaphernkonzepten und zugrundeliegenden kognitiven Schemata geschieden wird.

Auf diese Weise werden alle identifizierbaren Metaphernkonstrukte zum Erregungsbegriff summativ erfasst, interpretiert und den jeweiligen, anonymisierten Probanden zugeordnet.

Um die Transparenz der Interpretation und die damit einhergehende Intersubjektivität [18] zu gewährleisten, werden alle vorgenommenen Explikationen jeweils an konkrete Ankerzitate geknüpft.

Die Vermittlungspotenzialanalyse wird in ähnlicher Weise durchgeführt. Qualitative Inhaltsanalyse [16] wird verwendet, indem zunächst bedeutungstragende Textpassagen oder Abbildungen aus Publikationen zusammengefasst werden (geordnete Aussagen). Daran schließen sich die Rekonstruktion und Interpretation wissenschaftlicher Vorstellungen (Explikation) an, ebenfalls unter Nutzung der systematischen Metaphernanalyse [5]. Zur Analyse eignen sich akademische Lehrbücher, weil darin fachwis-

Tabelle 2: Bezeichnung von konzeptbildenden Metaphern

Äußerung	„Erregung wird vom Sinusknoten ausgesandt und verbreitet sich dann über das Herz. Dabei wird Erregung durch spezielle Fasern geleitet.“
Metaphernkonzept	Diese sprachliche Äußerung legt nahe, dass der nicht erfahrbare <i>Vorgang</i> der elektrischen Erregung über eine Substanzmetapher verstanden wird. Erregung wird als substanzartige Entität begriffen: Erregung ist Substanz
Kognitives Schema	OBJECT-Schema

senschaftlich etablierte Konzepte (hier: Herzerregung) einer Forschungsgemeinschaft an Studierende adressiert dargestellt werden [11]. Für diese exemplarisch durchgeführte fachliche Klärung werden insgesamt drei gängige Lehrwerke genutzt, die in Lehrbuchsammlungen medizinischer Bibliotheken zu finden sind.

5. Ergebnisse

Die Ergebnisse sind entsprechend der Untersuchungsschritte des MdDR gegliedert.

5.1. Lernpotenzialdiagnose

Aus Gründen der Übersicht werden exemplarische Zitate ausgewählter Probanden aufgeführt (geordnete Aussagen) und aus Vermittlungsperspektive analysiert (Explikation). Im Zuge dessen erfolgt die Metaphernanalyse, aus der metaphorisches Verständnis (Einzelstrukturierung) abgeleitet wird. Die unterstrichenen Äußerungen sind für die für die Explikation von besonderer Relevanz, weil sie Schlüsselwörter beziehungsweise Textstellen darstellen, anhand derer metaphorische Erregungskonzepte abgeleitet werden. Auf diese Weise soll die Nachvollziehbarkeit der Interpretation abgesichert werden.

5.1.1. Erregungskonzept A: Erregung kann steigen und fallen (VERTICAL-ORIENTATION-Schema)

Johannes_4 (103-129): „Wenn ich etwas in Millivolt messe, ist das eine Spannung (...) Also ich würde hier (zeigt auf das Maximum der R-Zacke) sagen, dass die Erregung am höchsten ist beziehungsweise die Spannung.“

Johannes_4 (147-158): „Das ist die P-Welle. Das andere ist auch die P-Welle – der auf- und absteigende Anteil der P-Welle. Das ist dann der absteigende [Anteil der P-Welle]. Da das die Vorhoferregung ist, [interpretier ich das als] die steigende und die abfallende Erregung der Vorhöfe.“

Die konstruierte Vorstellung lässt sich auf die metaphorische Nutzung basaler Kognitionen über Vertikalität zurückführen. Im Licht der Conceptual Metaphor Theory wird deutlich, dass unter dem abstrakten Sachverhalt von Erregung ein Zustand verstanden wird, der auf einer vorgestellten vertikalen Skala variabel ist. Die Ankerzitate lassen diesbezüglich erkennen, dass Erregung in der Vorstellung von Johannes „steigen“ und „abfallen“ oder einen „höchsten Punkt“ erreichen kann. Die Vorstellung von steigender und fallender Erregung basiert auf der metaphorischen Projektion des VERTICAL-ORIENTATION-

Schemas – ein nicht direkt verständlicher Sachverhalt wird durch eine „Orientierungsmetapher“ [2] verstanden. Aus Vermittlungsperspektive erweist sich diese Vorstellung als problematisch, da für Johannes Erregung und Spannung semantisch bedeutungsgleich sind. Das Maximum der R-Zacke ist für den Probanden sowohl der Punkt der „höchsten Spannung“ wie auch der Moment „maximaler Erregung“. Der Proband übersieht, dass im EKG eine extrazelluläre Potenzialdifferenz gemessen beziehungsweise abgebildet wird, nicht aber nicht die Erregung des Herzgewebes selbst erfasst wird. Erregung wird also fälschlich mit der im EKG extern abgeleiteten Potenzialdifferenz (die man sich in der Tat als fallend und steigend vorstellen kann) gleichgesetzt. Trauschke [1] konnte aufzeigen, dass auf diese Weise Fehlvorstellungen über das EKG entstehen. Mögliche Verständnisschwierigkeiten zeigen sich exemplarisch auch an der Aussage von Kathrin:

Kathrin_13 (300): „Beim Sinken der P-Welle passiert auf jeden Fall kein Spannungsverlust, sondern es wird einfach nur ein anderer Teil des Vorhofs erregt. Die Erregung wird nicht weniger, sondern nimmt immer noch zu und die Spannung nimmt trotzdem ab, das verstehe ich noch nicht.“

Der Probandin gelingt es sichtlich nicht, die Vorgänge der Erregung von den im EKG abgebildeten extrazellulären Potenzialdifferenzen zu scheiden.

5.1.2. Erregungskonzept B: Erregung ist eine gerichtete bewegliche Entität (OBJECT-Schema; SOURCE-PATH-GOAL-Schema)

Johannes_4 (397-402): „[Ich stelle mir vor], dass die Erregung denselben Weg, die sie durch die Herzmuskeln genommen hat, auch wieder zurückgeht, also einmal von A nach B und wieder von B nach A zurück – räumlich betrachtet.“

Johannes_4 (508-516): „Wenn man es ganz streng räumlich nimmt, muss dieser Teil der S-Zacke da noch mit dran sein, weil wenn die Erregung hier unten in der Herzspitze angekommen ist, dann geht die Erregung relativ schnell zu den Enden [zeigt mit beiden Händen einen Weg von Spitze bis zu den oberen Enden der beiden Kammern].“

Nichtphysisches wird oftmals physisch verstanden, indem Substanzmetaphern konstruiert werden [2]. Die Ankerzitate legen nahe, dass auch Erregung als eine Art bewegliche, quasi-materielle Entität begriffen wird, die sich durch das Herz bewegt. Die dabei genutzte basale Kognition ist das OBJECT-Schema. Johannes stellt sich hier vor, dass Erregung von einem definierten Punkt A einen

gewissen Weg durch Herzmuskelzellen zurücklegt und nach Erreichen eines Zielortes (Punkt B) diesen auch wieder zurückgeht. Das Zurücklegen eines Weges kann nach unseren Primärerfahrungen nur einer dinglichen Entität zugeschrieben werden. Die Vorstellung wird unterstützend durch Gesten illustriert, indem der gedachte Verlauf von Erregung (vgl. Ankerzitat 5) durch eine von einem Punkt (= Herzspitze) parabelförmig nach oben führende Bewegung der Hände gezeigt wird. Das abstrakte Phänomen der Erregung wird folglich auch durch das SOURCE-PATH-GOAL-Schema erschlossen.

Auch Jan stellt sich Erregung als eine quasi-materielle Entität (Erregung ist Objekt) vor, die sich im Herzgewebe fortleitet. Der abstrakte Vorgang der Erregungsfortleitung wird mental ebenfalls durch das SOURCE-PATH-GOAL-Schema strukturiert wird, da Jan sich Start- und Zielpunkte vorstellt, welche die Erregung (= Trajektor) passiert.

Jan_7 (189-206): „Meine Vorstellung von der Erregung, die sich über den Vorhof ausbreitet [ist, dass] ich das Bild von der Anatomie des Vorhofes vor mir habe. Ich sehe einen Raum vor mir und dann stelle ich mir vor, dass die Erregung da ist und dann geht die irgendwo los und die Erregung visualisiere ich mir so, dass ich diesen Bereich farblich anders mache. Dann stelle ich [mir] das einfach als Ausbreitung vor, [dass] das Erregte, diese Farbe, [sich ausbreitet], bis der ganze Vorhof diese Farbe hat.“

Aus Vermittlungsperspektive stellt sich somit eine weitere lernhinderliche Vorstellung dar, in der nicht die Funktionalität von Erregung fokussiert wird, sondern ausschließlich die örtliche Veränderung einer Entität als bedeutsam erachtet wird. Die zentrale fachliche Idee von sich örtlich ausbreitenden Depolarisationen und die letztlich daraus resultierende elektromechanische Kopplung werden hingegen nicht bedacht. Es ist zudem fachlich nicht korrekt, sich ein Hin- und Hergehen von Erregung vorzustellen, weil so nicht zwischen De- und Repolarisierung geschieden werden kann.

5.1.3. Erregungskonzept C: Erregung ist Muskelspannung und ermöglicht Blutbewegung (ENABLEMENT-Schema)

Johannes_4 (429-452): „Erregung sagen wir eigentlich, wenn ein Muskel erregt ist, meinen wir immer, dass er kontrahiert. Wenn ich mir überlege, wann die Erregung oder die maximale Erregung ist, würde ich sagen, wenn der Herzmuskel maximal kontrahiert ist und das wäre in der Auswurfphase, in der Systole, also wenn er mit aller Kraft probiert, das Blut auszuwerfen (...) Also man würde intuitiv sagen, dass vielleicht [auf der R-Zacke] das Ganze maximal ist.“

Erregung wird hier als Befähigung zur Pumpleistung des Herzens gedacht. Erregung wird dabei als ein Vermögen oder eine Befähigung begriffen, dessen variable Ausprägung dem Kontraktionszustand („Angespanntheit“) des Herzmuskels gleichgesetzt wird. Der Angespanntheit des Herzens wird die Befähigung zugeordnet, etwas Mögliches in etwas Seiendes übergehen zu lassen. Diese Vorstellung basiert auf der Nutzung des ENABLEMENT-Schemas [9].

Aus Vermittlungsperspektive betrachtet ist dies eine fehlerhafte Vorstellung, da dieser konstruierte Erregungsbegriff in keiner Weise auf elektrochemische Vorgänge an Zellmembranen ausgerichtet ist. Eine angemessene Verknüpfung von Erregung und Kontraktion stellt sich der Proband nicht vor.

5.1.4. Erregungskonzept D: Erregung bildet sich zurück (DECREASE-Schema)

Aus didaktischer Sicht relevant ist ebenfalls die Vorstellung über Rückbildung von Erregung, die im Folgenden aufgezeigt wird. Annalena stellt vor, dass Erregung größer und kleiner wird (abnimmt). Dahinter stehen die basalen, erfahrungsbasierten Kognitionen von kleiner bzw. größer werden, die nach Riemer dem alltäglichen Verständnis von Wachstum [19] entspringen.

Annalena_8 (56-65): „Ich würde sagen, [dass] hier (auf der ST-Strecke) die Erregung am größten ist, weil da die Kammern dann komplett erregt sind und dann ist der Übergang. Also da nimmt die Erregung dann wieder ab mit der Erregungsrückbildung.“

Annalena_8 (555-574): „[Wenn ich die Hauptaussage vom EKG aufschreibe,] würde ich mir jetzt überlegen, was ich da alles drin haben möchte. (...) Also das EKG misst die elektrische Erregungsausbreitung und -Rückbildung in den Vorhöfen und Kammern des Herzens. Jetzt überlege ich noch, dass es das in Millivolt anzeigt.“

Aus fachdidaktischer Perspektive ist das Konzept von Erregungsrückbildung, welches als Antonym zu Erregungsausbreitung auch in akademischen Lehrbüchern [20], [21], [22] gebraucht wird, fehlerhaft.

Der Terminus Ausbreitung bezeichnet die räumliche Verteilung von Entitäten. Wenn sich eine Entität ausbreitet, nimmt sie zunehmend mehr Raum oder Fläche ein. Die Vorstellung von Erregungsausbreitung ist daher fachlich angemessen, da sich ja ein Prozess (Depolarisierung) entlang von Herzmuskelzellmembranen örtlich fortleitet. Das Konzept der Rückbildung ist jedoch unpassend, es steht dem angemessenen Verständnis von sich ausbreitender Repolarisierung entgegen: Der Terminus Rückbildung bezeichnet die Abnahme von phänomenologischen Ausprägungen. Beispielsweise können sich Symptome einer Krankheit zurückbilden beziehungsweise abklingen. Auch kann sich eine Schwellung oder ein Organ (z. B. Uterus nach Entbindung) zurückbilden. Diese Vorstellung eignet sich jedoch nicht dafür, um die erneute Umkehrung des Membranpotenzials durch Ionenflüsse (Repolarisierung) nebst örtlicher Ausbreitung fachlich angemessen zu bezeichnen. Ausbreitung (etwas verteilt sich) und Rückbildung (etwas wird kleiner, nimmt ab) eignen sich aus semantischer Sicht nicht als passendes Begriffspaar, um die zweimalige Umkehr und jeweiliger Fortleitung von Membranpotenzialänderungen durch Ionenströme (De- und Repolarisierung) zu bezeichnen.

Die lernhinderliche Problematik lässt sich auch an Kathrins Aussagen zeigen. Sie spricht von Erregungsrückbildung und zudem von „Rückerregung“. Hier wird deutlich,

dass die basale Kognition von Rückbildung nicht passend ist, um die elektrischen Vorgänge im Herzen sachdienlich zu bezeichnen.

Kathrin_13 (225-249): „Also sie [die Erregung] nimmt ja schon ab, aber das heißt nicht, dass die Erregung dann schon vollständig ist und sich wieder rückbildet.“

Kathrin_13 (286-294): „Das EKG zeigt die Erregung des Herzens, also Vorhof und Myokard, und basiert auf den anatomischen Verhältnissen. Die Rückerregung sieht man dann auch in der letzten Welle. Das hat alles einen physiologischen Grund. Also ich habe geschrieben: das EKG zeigt die Erregung des Herzens, also des Vorhofs und des Myokards, basiert auf anatomischen Verhältnissen und im letzten Teil sieht man die Rückerregung des Myokards.“

Zusammenfassend ist dargestellt (siehe Tabelle 3), welche Vorstellungen innerhalb der Probandengruppen identifiziert werden konnten.

5.1.5. Limitationen

Die rekonstruierten Vorstellungen haben grundsätzlich keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Ebenso können sie - dies beruht auf dem zur Interpretation subjektiver Bedeutungswelten notwendigen qualitativen Ansatz - nicht repräsentativer Art sein. Somit ist eine Verallgemeinerung über die Stichprobe hinaus nicht möglich. Ihr Wert als Forschungsergebnisse liegt jedoch primär darin, Erkenntnisse zu erlangen, welche Fehlvorstellungen es geben kann und diese dezidiert zu beschreiben.

Eine weitere Limitation begründet sich im methodischen Ansatz. Zwar ermöglicht die durchgeführte Sekundäranalyse der Befunde die Rekonstruktion von Vorstellungen und liefert somit theoretisch fundierte Erkenntnisse. Gleichwohl ist nicht auszuschließen, dass in problemzentrierten und leitfadengestützten Interviews weitere Aussagen angeregt werden können, wenn der Interviewleitfaden primär auf den Erregungsbegriff fokussiert (in den durchgeführten Interviews war dies nur ein Teilaspekt, weil es primär um das Erfassen von Vorstellungen über das physiologische EKG ging). Zudem ist es denkbar, dass Studierende in einer retrospektiven Befragung diese Fehlvorstellungen als solche erfassten, wenn sie explizit damit konfrontiert würden. Insofern sind die Befunde als kontext- und situationsbedingt zu deklarieren.

5.2. Vermittlungspotenzialanalyse

Die Untersuchungsaufgabe besteht in der methodisch kontrollierten systematischen Untersuchung fachwissenschaftlicher Äußerungen aus der Vermittlungsperspektive [11]. Diese Wissenschaftlervorstellungen werden einer fachdidaktischen (nicht einer fachlichen!) Analyse unterzogen. Dabei wird deren Vermittlungspotenzial hinsichtlich fehlerleitender Vorstellungen untersucht, also ob und in wie fern die in einer spezifischen Weise repräsentierten fachwissenschaftlichen Konstrukte das Lehren und Lernen fördern beziehungsweise erschweren können. Aus

Gründen der Übersicht erfolgt die Vermittlungspotenzialdiagnose exemplarisch.

5.2.1. Erregungskonzept B: Erregung ist eine gerichtet bewegliche Entität (OBJECT-Schema; SOURCE-PATH-GOAL-Schema)

Johannes und Jan konstruieren unpassende Vorstellungen hinsichtlich des Phänomens der Erregungsfortleitung. Sie stellen sich Erregung als quasi-materielle Entität vor, die sich im Herzen hin- und her bewegt, ohne dabei die Funktionalität zu beschreiben. Eine von Silverthorn [20] verwendete sprachliche und bildliche Repräsentation (siehe [20], hier Abbildung 14.18 zu Erregungsleitung im Herzen, in der Erregung als quasi-materielle Entität verstanden wird) ist hinsichtlich einer solchen substanzartigen Vorstellung von Erregung (sich ausbreitende violette Färbung) durchaus kritisch zu betrachten. Da auf den Sachverhalt der sich ändernden Ladungsverhältnisse nicht eingegangen wird, fehlt dieser Art der externen Repräsentation eine zentrale fachliche Komponente: Die Prozesshaftigkeit von Erregung wird nur unzureichend dargestellt. Gleichwohl kann Erregung von Lesenden aufgrund der sich flächig ausbreitenden Färbung als quasi-materielles Fluidum wahrgenommen werden, welches sich im Herzen verteilt.

Zudem wird der Sachverhalt der Repolarisierung grafisch nicht repräsentiert. Dies erfolgt hingegen in einer analogen Visualisierung bei Silbernagl und Despopoulos [21]. Unter der Überschrift „Erregungsausbreitung im Herzen“ (195, Abb. C) wird auch die Repolarisation geführt. Allerdings wird so deutlich, dass zwei grundsätzlich divergierende Konzepte von Erregungsausbreitung vermittelt werden:

1. Erregungsausbreitung = Ausbreitung von Depolarisierung
2. Erregungsausbreitung = Ausbreitung von De- und Repolarisierung

Aus Vermittlungsperspektive ist diese fachliche Ungereimtheit problematisch, weil Lernenden hier grundlegend unterschiedliche Vorstellungen dargeboten werden.

5.2.2. Erregungskonzept D: Erregung bildet sich zurück (DECREASE-Schema)

Der fachdidaktische Blick auf wissenschaftliche Äußerungen zeigt mitunter auf, dass auch in wissenschaftlichen Quellen lebensweltliche, fachlich weniger passende Konzepte identifiziert werden können [23]. Dies lässt sich beispielhaft an der Verwendung des fachlich nicht angemessenen Begriffs von Rückbildung aufzeigen. Fleischmann und Kollegen [22] erläutern in Kapitel „8.1.1 Herzerregung“ die „Erregungsausbreitung“ (394). Diesbezüglich unterscheiden sie Erregungsausbreitung von Erregungsrückbildung.

(394): „Die genaue Kenntnis von Erregungsausbreitung und -rückbildung im Herzen ist die Vorausset-

Tabelle 3: Erfasste Erregungskonzepte in der untersuchten Stichprobe.

	Johannes_4	Linda_5	Marlene_6	Jan_7	Annalena_8	Ines_9	Sophie_10	Tobias_11	Daniela_12	Kathrin_13
Erregung kann steigen und fallen (VERTICAL-ORIENTATION-Schema)	x	(x)	-	-	-	-	x	x	-	x
Erregung ist eine gerichtet bewegliche Entität (OBJECT-Schema; SOURCE-PATH-GOAL-Schema)	x	x	(x)	x	x	(x)	(x)	(x)	(x)	x
Erregung ist Muskelspannung und ermöglicht Blutbewegung (ENABLEMENT-Schema)	x	-	-	-	x	-	-	-	-	-
Erregung bildet sich zurück (DECREASE-Schema)	x	x	x	x	x	x	-	-	(x)	x
x	Erregungskonzept erfasst									
(x)	Indifferente Datenlage (Erregungskonzept lässt sich nicht suffizient belegen)									
-	Keine Hinweise auf Erregungskonzept									

zung, um das EKG zu verstehen.“ (...) „Die Erregung erreicht sehr früh den AV-Knoten, bevor die Vorhöfe vollständig erregt sind.“ (...) „Die Erregung breitet sich dann sehr schnell über das Erregungsleitungssystem der Ventrikel aus.“

(400): „Die P-Welle zeigt die Ausbreitung der Erregung über die Vorhöfe an, (...)“

(395): „Die Erregung bildet sich ausgehend von der Herzspitze (...) zurück.“

(401): „Die T-Zacke signalisiert die Erregungsrückbildung in den Ventrikeln, (...)“

Das Ausbreiten von Erregung, also die sich fortsetzenden Depolarisationen zwischen benachbarten Herzmuskelzellen, bezeichnet grundsätzlich einen fachlich angemessenen Sachverhalt, wenngleich der Terminus einer quasi-materiellen Erregungsvorstellung Vorschub leisten kann (5.1.4). Das Konzept von Rückbildung ist aus fachlicher und didaktischer Sicht hingegen kritisch zu sehen. Wie bereits dargestellt, stehen hinter dem Terminus Rückbildung die basalen, erfahrungsbasierten Kognitionen von kleiner werden (DECREASE-Schema). Die metaphorische Nutzung dieser Kognitionen bei der Vorstellung von Erregungsrückbildung ist allerdings unpassend, um einen zu Erregungsausbreitung reziproken Prozess zu bezeichnen (genau genommen wäre Eindämmung der semantisch passende Gegenbegriff zu Ausbreitung). Genau dies wäre jedoch aus physiologischer Sicht aber notwendig, denn der hier als Rückbildung bezeichnete Vorgang ist auf molekularer Ebene konzeptionell identisch (erneute Ladungsumkehr durch Ionenströme). Depolarisation (Umkehr eines Membranpotenzials) und Repolarisation (erneute Umkehr des Membranpotenzials zum Ausgangszustand) müssten sich dieser Sachlogik nach gleichermaßen ausbreiten - eine Idee, wie sie von Silbernagl und Despopoulos [21] offenbar präferiert wird (vgl. [21], Abb. C zu Erregungsausbreitung im Herzen). Eben dies wird aber durch das Wortpaar Erregungsausbreitung versus Erregungsrückbildung ungenau dargestellt. Erregungsrückbildung ist somit grundsätzlich ein fehlleitender Terminus.

5.2.3. Limitationen

Da diese Vermittlungspotenzialanalyse exemplarischen Charakter hat, wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Dennoch ist limitierend festzustellen, dass die Analyse weiterer Lehrbücher zu zusätzlichen Erkenntnissen führen kann und das Feld der erfassten Vorstellungen somit erweitert werden könnte. Grundsätzlich ist überdies zu konstatieren, dass die Daten keinen repräsentativen Charakter aufweisen, da eine qualitative Analyse vorgenommen wurde.

Im Rahmen der Vermittlungspotenzialdiagnose werden mitunter historische Quellen beleuchtet, da auf diese Weise die Entwicklung von Begriffen untersucht werden kann [11]. Eine solche vertiefte Form der Vermittlungspotenzialanalyse wurde nicht durchgeführt. Sie könnte sich jedoch als sinnvoll erweisen, um den im kardiologischen Kontext unscharf genutzten Begriff der Erregung dezidiert hinsichtlich der Herkunft und Bedeutung zu klären.

6. Diskussion und didaktische Strukturierungsansätze

Die durchgeführte Lernpotenzialdiagnose zeigt, wie unter Nutzung einer neurokognitionslinguistischen Verstehentheorie fehlleitende Vorstellungen von Studierenden der Humanmedizin über Herzerregung identifiziert werden konnten. Es lassen sich vier Metaphernkonzepte spezifizieren (siehe auch Abbildung 2).

1. VERTICAL-ORIENTATION-Schema: Erregung wird als steigender und fallender Zustand verstanden (und mit extrazellulären Potenzialdifferenzen gleichgesetzt), der sich in der EKG-Kurve abbildet.
2. SOURCE-PATH-GOAL-Schema, OBJECT-Schema: Erregung wird als quasi-materielle Entität verstanden, die sich im Herzen gerichtet hin- und her bewegt. Die dabei auftretenden, sich fortsetzenden Depolarisationen werden dabei nicht beachtet, ebenso wenig die elektromechanische Kopplung als folgender Vorgang.

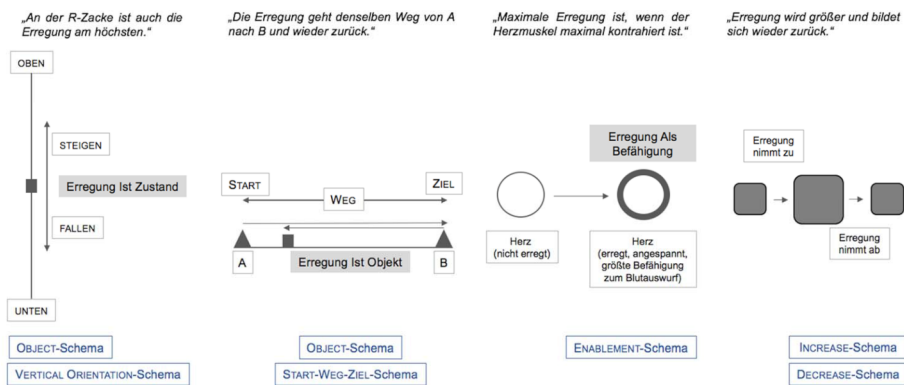


Abbildung 2: Metaphorisch genutzte kognitive Schemata beim Verstehen von kardialer Erregung

3. ENABLEMENT-Schema: Unter Erregung wird der Tonus bzw. die Angespanntheit des Myokards verstanden.
4. DECREASE-Schema: Erregung wird als eine elektrische Erscheinung verstanden, die sich zurückbilden (abklingen, kleiner werden) kann. In einem Fall wird zusätzlich eine Vorstellung von Rückerregung ermittelt.

Die exemplarisch vorgestellte Vermittlungspotenzialanalyse zeigt, dass sich die Vorstellungen von Erregung als sich im Herzen bewegend quasi-materielle Entität auch in akademischen Lehrbüchern findet (SOURCE-PATH-GOAL-Schema, OBJECT-Schema). Dies gilt gleichermaßen für die Vorstellung von Erregungsrückbildung (DECREASE-Schema). Dadurch wird deutlich, dass wissenschaftliche Vorstellungen mitunter auf den gleichen erfahrungsbasierten Kognitionen basieren wie Vorstellungen von Lernenden. Dieser Forschungsansatz lässt allerdings keine Rückschlüsse darauf zu, ob und inwiefern die analysierten Konzepte zur Ausbildung der fachlich unangemessenen Vorstellungen bei Studierenden beitragen oder gar kausal damit zusammenhängen. Wohl aber liegt die Vermutung nahe, dass diese in Lehrbüchern vorhandenen Vorstellungen nicht zur Konstruktion adäquater Vorstellungen beitragen beziehungsweise um Umlernen hin zu angemessenen Ideen bewirken können. Der Untersuchungsschritt der Vermittlungspotenzialanalyse verdeutlicht somit grundsätzlich den Nutzen einer fachdidaktischen Analyse wissenschaftlicher Vorstellungen, weil sich somit lernhinderliche Aspekte identifizieren lassen. Die Vermittlungspotenzialanalyse liefert ferner – hier exemplarisch – die Erkenntnis, dass fachliche Konzepte über Lehrbücher hinweg nicht eindeutig kommuniziert werden. Beispielsweise ist für Lernende unklar, ob unter Erregung die Vorgänge von De- und Repolarisierung zu führen sind, oder ob Erregung lediglich als Depolarisierung der Herzmuskelzellen zu bezeichnen ist. Eine solche, durch entsprechende Grafiken (vgl. [20], Abbildung 14.18 zu Erregungsleitung im Herzen, in der Erregung als quasi-materielle Entität verstanden wird und [21], Abbildung C zur Erregungsausbreitung) repräsentierte fachliche Unschärfe ist aus Vermittlungsperspektive als Lernhindernis zu reklamieren.

Nachfolgend werden die erfassten fehlleitenden Vorstellungen diskutiert. Dabei werden auch Ansätze für die Planung von Vermittlungsoptionen skizziert.

6.1. Erregung versus extrazelluläre Potenzialdifferenzen

Durch Kenntnis der einzelnen Vorstellungen ergeben sich weitere Hinweise auf Schwierigkeiten, die Studierende beim Verstehen des physiologischen EKG haben können. Bedeutsam ist diesbezüglich die fehlleitende Vorstellung, nach der im EKG der Anstieg bzw. der Abfall von Erregung abgebildet wird (VERTICAL-ORIENTATION-Schema). Dabei wird zum einen die eigentliche Ursache für das Zustandekommen der EKG-Kurve außer Acht gelassen (Abgreifen extrazellulärer Potenzialdifferenzen). Zum anderen kann auf diese Weise keine Vorstellung dahingehend konstruiert werden, dass die EKG-Kurve die Richtung der Erregungsfortleitung wiedergibt.

Ein didaktisch geeigneter Ansatz zur Vermeidung beziehungsweise zur Überwindung dieser unangemessenen Vorstellung sollte den Zusammenhang zwischen elektrischer Erregung, extrazellulärer Potenzialdifferenz und Ausschlag im EKG herausstellen. Eine diesbezüglich passende Illustration findet sich bei Pape, Kurtz und Silberagl [[24], 205, Abb. 5.31]. Darin wird visualisiert, dass Erregung ein Prozess von Ladungsverteilungen entlang der Zellmembranen von Herzmuskelzellen ist und gleichzeitig klar veranschaulicht, dass dieser molekulare Vorgang nicht direkt im EKG abgebildet wird. Ferner wird die Prozesshaftigkeit von Erregung angedeutet. Zwar sind die Ionenverhältnisse nicht gezeigt, jedoch werden die dadurch bedingten Ladungsverhältnisse repräsentiert. Dies ist vor dem Hintergrund der nachfolgend erörterten Verständnisschwierigkeiten (6.2 und 6.3) ebenfalls als lernförderlich zu erachten.

6.2. Erregung ist ein Prozess und keine bewegte Substanz

In der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung ist bekannt, dass abstrakte Phänomene wie etwa Energie oder Wärme mithilfe von Substanzmetaphern als quasi-materielle Phänomene verstanden werden [25]. Insofern entspricht die hier erfasste Vorstellung von Erregung als substanzartige Entität den Erwartungen an die Metaphertheorie. Auch in wissenschaftlichen Lehrwerken lässt unser Denken und der damit verknüpfte Sprachgebrauch

es kaum zu, Substanzmetaphern zu vermeiden. Gleichwohl sollte insbesondere in Lehrwerken der Versuch unternommen werden, hinsichtlich der Erregungsfortleitung primär die Prozesshaftigkeit (fortgeleitete Umpolarisierungen) zu betonen. Eben dies sollten Studierende lernen, um den Zusammenhang von Erregung und den dadurch bewirkten extrazellulären Potenzialdifferenzen zu erfassen und folglich wesentliche Grundlagen der EKG-Entstehung begreifen zu können.

Im Hinblick auf Visualisierungen in akademischen Lehrbüchern sind daher Illustrationen zu vermeiden, die Erregungsausbreitung ohne Bezüge zu den sich ändernden Ladungsverhältnissen darstellen (vgl. [20], Abbildung 14.18 zu Erregungsleitung im Herzen, in der Erregung als quasi-materielle Entität verstanden wird) und so neben einem substanzartigen auch einen unvollständigen Begriff von Erregungsausbreitung (vgl. v. a. Vorstellungen des Probanden Jan) vermitteln.

Neben den nicht berücksichtigten molekularen Aspekten greift die Vorstellung von sich ausbreitender, substanzartig gedachter Erregung auch hinsichtlich von kausalen Zusammenhängen zu kurz, da die Verknüpfung von elektrischer Erregung und mechanischer Kopplung nicht expliziert wird. Sprachlich oder bildlich geäußerte Vorstellungen, in denen das Ankommen von Erregung das Ziel darstellt, stellen demnach keine passenden Konzepte im Sinne naturwissenschaftlicher Kausalität dar. In grafischen Abbildungen sollte das vollständig depolarisierte Herz daher nicht als Ziel dargestellt werden, sondern eher als Startpunkt für das Initiieren von muskulären Kontraktionen. Auf diese Weise ließe sich der konzeptionellen Leerstelle in den Vorstellungen der Probanden entgegenwirken.

6.3. Erregung als mechanischen Zustand missverstehen

Wie sich zeigt, kann der Kontraktionsgrad des Myokards über den Terminus Erregung begrifflich erschlossen werden. Dies mag bei fortgeschrittenen Studierenden als eine ausgeprägte Verständnisschwäche kategorisiert werden. Im Lichte der Theorie der verkörperten Kognitionen ist diese Vorstellung jedoch zu erklären. Anspannung von Muskulatur ist lebensweltlich erfahrbar. Der Terminus Erregung wird alltäglich ebenfalls für das Gefühl von Aufregung oder Anspannung verwendet. Somit ist nachvollziehbar, dass in einzelnen Fällen, in denen fachliche Auseinandersetzungen mit dem Gegenstand vermutlich eher oberflächlich erfolgten, die physischen Erfahrungen mit Anspannung das Verständnis von Herztätigkeit strukturieren. Aus didaktischer Perspektive zeigt sich jedoch ein ausgeprägtes Lernhindernis in zweierlei Hinsicht: Einmal wird Erregung nicht als Umverteilung von Ionen und den sich daraus ergebenden Membranpotenzialdifferenzen verstanden. Zudem wird Erregung gar nicht als Prozess begriffen, sondern als ein Zustand. Ein grundlegender Ansatz der Vermittlung sollte daher a) auf Prozesshaftigkeit fokussieren (vgl. auch 6.1) und zudem b) den Blick weniger auf die Organebene (z. B. [20], Abbildung

14.18 zu Erregungsleitung im Herzen, in der Erregung als quasi-materielle Entität verstanden wird) als auf die Zell- und Molekülebene richten. Auf eben dieser Systemebene des Lebendigen lassen sich die Vorgänge von Ionennumverteilungen (Erregung) und die daraus resultierenden mechanischen Prozesse (Kontraktionen der Sarkomere) wesentlich dienlicher repräsentieren.

6.4. Erregung kann sich nicht zurückbilden

Aus fachdidaktischer Sicht ist die Nutzung des Terminus Erregungsrückbildung als reziproker Vorgang zur Ausbreitung von Erregung zu diskutieren. Im Wort Erregungsausbreitung steckt das Konzept von Erregung als Veränderung des Membranpotenzials (Depolarisierung) und die örtliche Fortleitung dieses Prozesses über angrenzende Zellen hinweg. Das Wort Rückbildung vernachlässigt hingegen den Aspekt, dass Repolarisierung ebenfalls ein Vorgang von Ausbreitung ist.

Der Terminus ist nicht geeignet, um darzustellen, dass sich nach Erregung wieder das ursprüngliche Membranpotenzial einstellt. Erregung – also die Depolarisation einer Membran über ein Schwellenpotenzial hinaus – kann sich jedoch nicht zurückbilden (= abklingen, kleiner werden). Gemeint und fachlich angemessener ist eher das Konzept der Umkehr oder Wiederherstellung, welches sich metaphortheoretisch repräsentieren ließe: Als passende basale Kognition eignet sich dafür das TWIN-PAN-BALANCE-Schema [9]. Demnach verfügen wir über basale Kognitionen des Austarierens, beispielhaft lässt sich das Spielen auf einer Wippe nennen. Diese hat zwei Lastarme und eine Drehachse und wir haben in der Regel körperliche Erfahrungen gemacht, wie sich diese Lastarme jeweils in Abhängigkeit von Gewicht und Bewegung verhalten. Die aus dieser Interaktion gewonnenen Vorstellungen von Balance werden genutzt, um abstrakte Sachverhalte metaphorisch zu verstehen, z. B.:

- Lara ist heute emotional viel ausgeglichener als gestern.
- Strafmaß und Ausmaß von Kriminalität sollten sich ausgleichen.

Das Schema ist insofern fachlich passend, weil sich zwei veränderliche Zustände des Membranpotenzials – depolarisiert und repolarisiert – abwechselnd einstellen. Das Gesamtsystem kann quasi zwei Zustände einnehmen, die sich jeweils wieder in den anderen überführen lassen. Elektrische Erregungsphänomene lassen sich ebenso über dieses Schema kommunizieren. Entsprechende Aussagen können grundlegend wie folgt konstruiert werden:

- Erregung: Durch gerichtete Ionenströme entlang der Zellmembran erfolgt eine Umkehr der Ladungsverteilung (Depolarisation). Man bezeichnet die Zelle als erregt.
- Erregte Zellen wirken als Reiz auf umgebende Muskelzellen und imitieren dort ebenfalls eine Depolarisierung. Auf diese Weise leitet sich der Prozess der Erregung räumlich im Herzgewebe fort.

- Durch erneute Ausbreitung der Umverteilung von Ionen kehren sich die Ladungsverhältnisse wieder um. Das Erreichen des damit einhergehenden ursprünglichen Membranpotenzials nennt man Repolarisierung.

7. Schlussfolgerung

Lehrpersonen bedenken oft die Wirksamkeit der Lehrimpulse auf den kognitiven Lernprozess der Lernenden nicht. Wie z. B. Pfäffli [26] kritisiert, kommt es dazu, dass Hochschullehrende ihr Vermittlungsvorgehen unreflektiert aus subjektiven Vorstellungen über Lernen ableiten. Lehre erfolgt somit oftmals – entgegen gelehrter Empfehlung konstruktivistischer Lehr-Lern-Theorien – als reine Abfolge von monologischen Vorlesungen. Kenntnisse über mögliche Verständnisschwierigkeiten erweitern daher grundsätzlich die Perspektive Lehrender, weil das Ergebnis geplanter Lernsituationen stärker in den Vordergrund treten kann. Die metaphorisch strukturierten Vorstellungen von Studierenden zeigen Hürden auf, einem fachlich angemessenen Verständnis über Herzregung im Weg stehen können. Wie die Vermittlungspotenzialanalyse überdies verdeutlicht, finden sich gleichartige Vorstellungen auch in akademischen Lehrwerken. Dies legt nahe, auch fachwissenschaftliche Vorstellungen aus einer Vermittlungsperspektive kritisch-konstruktiv zu beleuchten, um etwaige lernhinderliche Repräsentationen fachlicher Konzepte zu überarbeiten.

Grundsätzlich liefert diese Sekundäranalyse weitere Erkenntnisse darüber, wie fachlich unangemessene Vorstellungen über kardiale Erregung zu den zuvor identifizierten Verständnisschwierigkeiten über die EKG-Kurve [1] führen können. Dazu zählt die Vorstellung von Erregung als substanzartige Entität oder als Zustand muskulärer Kontraktion. Als grundsätzlich unpassend wurde die bei Studierenden und in Lehrbüchern identifizierte Vorstellung von Erregungsrückbildung ausgewiesen. In der präklinischen Lehre erscheint es daher ratsam, kardiale Erregungsphänomene präzise auf molekularer Ebene als Vorgang der doppelten Umpolarisation durch Ionenflüsse zu bezeichnen. Insbesondere bei der ikonischen Darstellung die Fortleitung von De- und Repolarisierung sollten Substanzmetaphern vermieden werden, weil sie die fachlichen Kernaspekte auf elektrochemischer Ebene vernachlässigen.

Die gezeigten fehlleitenden Vorstellungen lassen sich außerdem gezielt nutzen, um sie in Lehrveranstaltungen fachlich korrekten Konzepten kontrastierend gegenüberzustellen und auf diese Weise kognitive Konflikte als Ausgangspunkt für Lernen zu schaffen. Fachlich unangemessene Vorstellungen können Studierenden ferner in Seminaren zur kritischen Sichtung und Korrektur vorgelegt werden, wodurch eine vertiefte Auseinandersetzung mit den fachlichen Inhalten erzielt werden kann.

Wie in dieser Arbeit exemplarisch deutlich wird, führt auch der fachdidaktische Blick auf Fachlichkeit zu Erkenntnissen, die für das Lehren und Lernen von Relevanz sind. Dazu zählt die Analyse der fehlleitenden Bezeichnung

von Erregungsrückbildung in Lehrbüchern, die für Lernende keine verständliche Repräsentation der molekularen Prozesse an Herzmuskelzellen bereitstellt. Das Modell der didaktischen Rekonstruktion hat sich daher in Verbindung mit der Conceptual Metaphor Theory als fruchtbares Forschungsdesign zur Analyse von Vorstellungen über fachliche Sachverhalte erwiesen. Perspektivisch wäre von Forschungsinteresse, Vorstellungen Hochschullehrender über Herzerregung und die Bedeutung des EKG zu untersuchen. Zudem ließe sich ergänzend untersuchen, über welche individuellen Lehrerfahrungen sie mit Studierenden verfügen.

Danksagung

Ein herzlicher Dank geht an Ute Heine für den konzeptionellen Austausch. Außerdem danke ich den Gutachter*innen für die konstruktiven Anregungen zum Manuskript.

Interessenkonflikt

Der Autor erklärt, dass er keine Interessenkonflikte im Zusammenhang mit diesem Artikel hat.

Literatur

1. Tauschke M. A qualitative study on the development and rectification of advanced medical students' misconceptions about the physiological electrocardiogram (ECG). *GMS J Med Educ.* 2019;36(6):Doc72. DOI: 10.3205/zma001280
2. Lakoff G, Johnson M. *Metaphors We Live By*. Chicago, London: The University of Chicago Press; 1980.
3. Gropengießer H. *Lebenswelten, Denkwelten, Sprechwelten. Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann*. Oldenburg: Didaktisches Zentrum; 2003.
4. Lakoff G. Mapping the brain's metaphor circuitry: metaphorical thought in everyday reason. *Front Hum Neurosci.* 2014;8:958. DOI: 10.3389/fnhum.2014.00958
5. Schmitt R. Systematic Metaphor Analysis as a Method of Qualitative Research. *Qual Report.* 2005;10(2):358-394.
6. Lakoff G, Nunez RE. *Where Mathematics Comes From*. New York: Basic Books; 2000.
7. Lakoff G. *Women, Fire, and Dangerous Things. What Categories Reveal about the Mind*. Chicago: Univ. of Chicago Press; 1987. DOI: 10.7208/chicago/9780226471013.001.0001
8. Rohrer T. Image Schemas in the Brain. In: Hampe B, Grady J, editors. *From Perception to Meaning: Image Schemas in Cognitive Linguistics*. Berlin: Mouton de Gruyter; 2005. p.165-196. DOI: 10.1515/9783110197532.2.165
9. Johnson M. *The body in the mind: The bodily basis of meaning, imagination, and reason*. Chicago: University of Chicago Press; 1987. DOI: 10.7208/chicago/9780226177847.001.0001
10. Boroditsky L. Metaphoric structuring: Understanding time through spatial metaphors. *Cognition.* 2000;75(1):1-28. DOI: 10.1016/S0010-0277(99)00073-6

11. Duit R, Gropengießer H, Kattmann U, Komorek M, Parchmann I. The Model of Educational Reconstruction - a Framework for Improving Teaching and Learning Science. In: Jorde D, Dillon J, editors. Science Education Research and Practice in Europe. Cultural Perspectives in Science Education. Vol.5. Rotterdam: SensePublishers; 2012. DOI: 10.1007/978-94-6091-900-8_2
12. Bortz J, Döring N. Forschungsmethoden und Evaluation für Human und Sozialwissenschaftler. 4. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2006. p.370. DOI: 10.1007/978-3-540-33306-7
13. Niebert K, Gropengießer H. Leitfadengestützte Interviews. In: Krüger D, Parchmann I, Schecker H, editors. Methoden der Naturwissenschaftsdidaktik. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2014. p.121-132. DOI: 10.1007/978-3-642-37827-0_10
14. Steffe LP, Thompson PW. Teaching Experiment Methodology: Underlying Principles and Essential Elements. In: Lesh R, Kelly AE, editors. Research design in mathematics and science education. Hillsdale, NJ: Erlbaum; 2000. p.267-307.
15. Ericsson KA, Simon HA. How to Study Thinking in Everyday Life: Contrasting Think-Aloud Protocols with Descriptions and Explanations of Thinking. *Mind Cult Act.* 1998;5(3):178-186. DOI: 10.1207/s15327884mca0503_3
16. Mayring P. Qualitative Content Analysis. *FQS.* 2014;1(2):e20. DOI: 10.17169/fqs-1.2.1089
17. Mayring P. Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. 8. Auflage. Weinheim: Beltz; 2008.
18. Steinke I. Quality Criteria in Qualitative Research. In: Flick U, von Kardorff E, Steinke I, editors. A Companion to Qualitative Research. London, Thousand Oaks, New Delphi: Sage Publications; 2004. p.184-190.
19. Riemeier T. Biologie verstehen: Die Zelltheorie. Oldenburg: Didaktisches Zentrum; 2005.
20. Silverthorn DU. Physiologie. 4. Auflage. München: Pearson Studium. p.670-672.
21. Silbernagel S, Despopoulos A. Taschenatlas der Physiologie. Stuttgart, New York: Thieme; 2003. p.195.
22. Fleischmann B, Hescheler J, Kuschinsky W. Herz-Kreislauf-Funktion. In: Speckmann EJ, Hescheler J, Köhling R, editors. Physiologie. 5. Auflage. München: Urban & Fischer; 2008. p.389-401.
23. Niebert K, Marsch S, Treagust D. Understanding needs embodiment: A theory-guided reanalysis of the role of metaphors and analogies in understanding science. *Sci Educ.* 2012;96(5):849-877. DOI: 10.1002/sce.21026
24. Gödecke A, Schrader J, Kelm M. Das Herz. In: Pape HC, Kurtz A, Silbernagl S, editors. Physiologie. 9. Auflage. Stuttgart, New York: Thieme; 2019. p.194-206.
25. Trauschke M, Gropengießer H. "Sonnenstrahlung wird in Nahrung umgewandelt" - Biologie verstehen: Energie in Ökosystemen. *Erkenntnisweg Biol.* 2014;13:9-24.
26. Pfäffli BK. Lehren an Hochschulen: Eine Hochschuldidaktik für den Aufbau von Wissen und Kompetenzen. 2. Auflage. Stuttgart: UTB; 2015.

Korrespondenzadresse:

Dr. rer. net. Mathias Trauschke
 Leibniz Universität Hannover, Institut für Didaktik der
 Naturwissenschaften (AG Biologiedidaktik), Scheffelfeld
 30657 Hannover, Deutschland, Tel.: +49
 (0)162/1006963
 trauschke@idn.uni-hannover.de

Bitte zitieren als

Trauschke M. Diagnosing learning and teaching potentials – a cognitive linguistic analysis of conceptions of heart excitation. GMS J Med Educ. 2021;38(2):Doc41.
 DOI: 10.3205/zma001437, URN: urn:nbn:de:0183-zma0014377

Artikel online frei zugänglich unter

<https://www.egms.de/en/journals/zma/2021-38/zma001437.shtml>

Eingereicht: 20.02.2020

Überarbeitet: 01.09.2020

Angenommen: 19.10.2020

Veröffentlicht: 15.02.2021

Copyright

©2021 Trauschke. Dieser Artikel ist ein Open-Access-Artikel und steht unter den Lizenzbedingungen der Creative Commons Attribution 4.0 License (Namensnennung). Lizenz-Angaben siehe <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.