



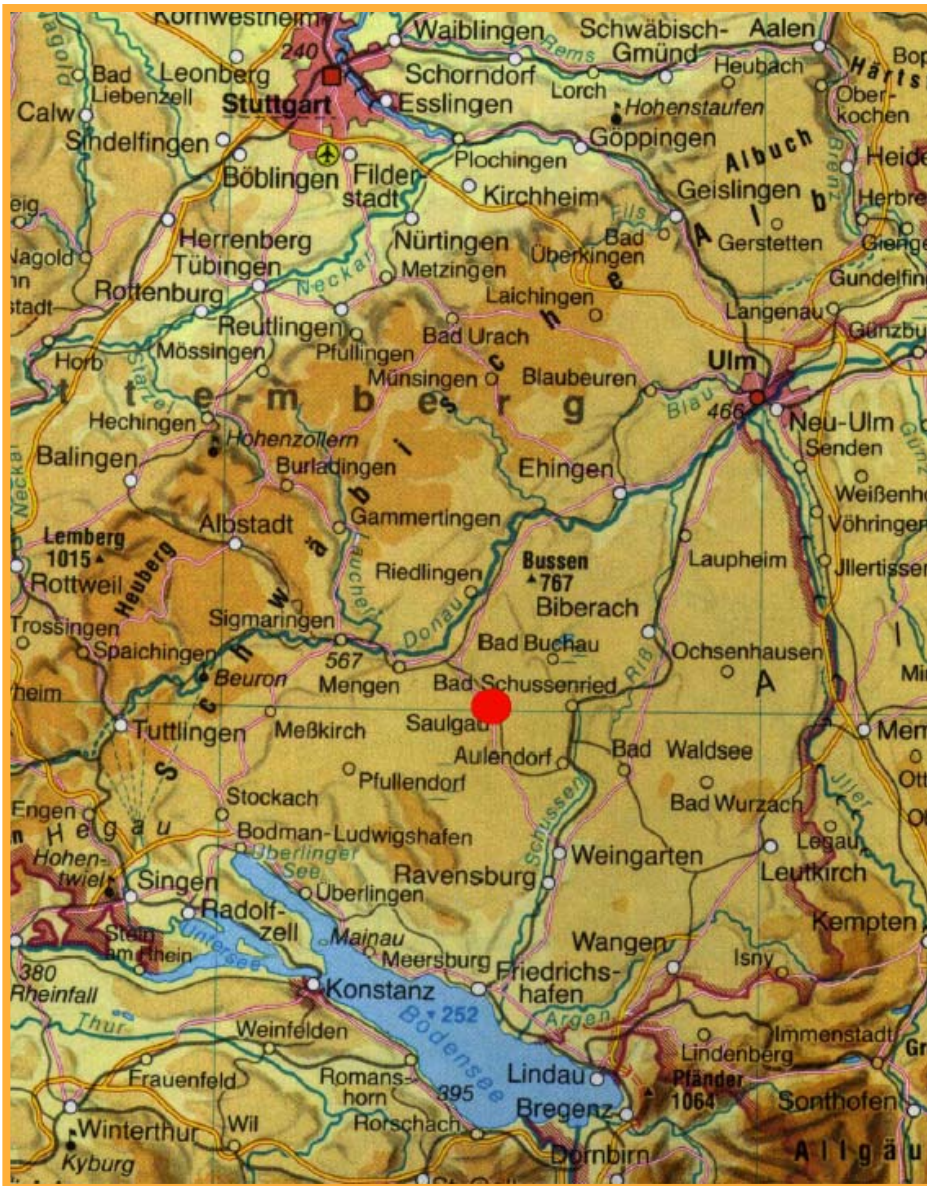
Das Thema ‚Energie‘ in der Grundschule

Eine Studie in Kooperation mit dem SFZ

Erich Starauschek

- **Spannungsfeld Physikdidaktik und Sachunterricht**
 - „Stand der Dinge“
- **Explorative Studie**
- **Was daraus folgen könnte...**

Warum gerade dieses Thema?





Basisinformationen SFZ:

- Förderung des naturwissenschaftlichen Nachwuchses in Bad Saulgau seit 1978, 1993 eigenes Gebäude (Insbesondere: R. Lehn als Initiator und treibende Kraft)
- z. Zt. 150 Schülerinnen und Schüler (Wochenende)
- Finanzierung: 150 TDE/a durch private Sponsoren (u.a. Heraeus-Stiftung), Grundfinanzierung durch das Land BW
- Forschungsbereiche: Geologie (ab Klasse 8), Mathematik (ab Klasse 8), Physik (ab Klasse 9), Chemie (ab Klasse 10), Biologie (ab Klasse 6), Robotics (ab Klasse 9)
- Wettbewerbe: Z.B. International Young Physicists' Tournament (IYPT), Internationale Physikolympiade...
- Aufgabenbeispiel:
Bei einer bestimmten CO₂-Konzentration wird es nirgendwo auf der Erde "nachts" dunkel. Wie groß müsste der CO₂ Prozentsatz des in der Erdatmosphäre sein, damit dieser Effekt auftritt?



Basisinformationen SFZ:

- Grundschulbereich seit 2003 (Leiterin: C. Mistele)



Basisinformationen SFZ:

- Grundschulbereich seit 2003 (Leiterin: C. Mistele)



Basisinformationen SFZ:

- Grundschulbereich seit 2003 (Leiterin: C. Mistele)



Thema Energie im Jahr 2006

Energie in der Grundschule

Zentrale Frage:

- Soll aus physikdidaktischer Sicht in der Grundschule vom Thema Energie die Rede sein?
- Wenn ja, wie?

Standortbestimmung

(1) Physikdidaktik

- So Wirksame Lehr-Lern-Arrangements sind im Folgenden immer mitzudenken...

● Di

● Br

(2) S

● Bi

● Di

Z.B. offene Phasen des Unterrichts mit etwas engerer Führung bei der Diskussion der schwierigen physikalischen Ideen kombinieren (Wiesner 1995).

Moderat konstruktivistisch mit instruktionalen Hilfen (Möller 2001).

Didaktische Argumente

Aspekte des physikalischen Energiebegriffs

- **Erhaltungssatz (Allg. Anerkennung um 1860)***
- **Realisierbarkeit von Vorgängen (Perpetuum mob.)**
- **Lokalisierbarkeit (Maxwell, Poynting, Mie)**
- **Masse-Energie-Äquivalenz (Einstein)***
- **Minimalprinzip Energie (Variationsprinzip)**
- **Zeitinvarianz (Noethertheorem)**

* Erhaltungssätze sind fundamental, nicht die Newton'schen Bewegungsgleichungen.

Energie in der Grundschule?

„It is important to realize that in physics today, we have no knowledge of what energy is. We do not have a picture that energy comes in little blobs of a definite amount. It is not the way.

However, there are formulas for calculating some numerical quantity, and when we add it all together it gives „28“ – always the same number. It is an abstract thing in that it does not tell us the mechanism or the reason of the various formulas.“

(Feynman, Feynman-Lectures)

Alte Frage neu gestellt: Welcher Energiebegriff in der (Grund-) Schule?

Energie in der Grundschule?

Vermeidungsposition:

“... eliminate the word energy entirely from elementary teaching” (Warren 1982)

“ Energy can only be introduced after students have received prolonged elementary preliminary training. It is not possible to learn about energy without first learning the basic concepts (...) than it would be to learn about sines and cosines without the first learning about angles and ratios.” (Warren 1986)

Explizierungs- und Anknüpfungsposition:

“ By adopting the principle of a spiral curriculum and taking account to the ideas students tend to bring with them, experiences can be provided which help them change their ideas.” (Driver & Bell 1986).

Grundlegende Aspekte des physikalischen Energiebegriffs [Duit (1986)]

- Konzeptualisierung der Energie*
- Energieumwandlung („Umwandlungsketten“, Sonne)
- Energieerhaltung
- Energietransport
- Energieentwertung

* Z.B. Energie als Fähigkeit Arbeit zu verrichten, Energie als abstrakte Bilanzgröße, Energie als quasi-stoffliches „Etwas“...
Unterscheidung Energie und Energieträger

Stand der physikdidaktischen Forschung/Diskussion:

- Schülerinnen und Schüler entwickeln bis zum Ende von Klasse 10 keinen tragfähigen physikalischen Energiebegriff (Duit 1986¹, 1999). Probleme auch auf Hochschulniveau (Kaper & Goedhart 1999, 2002).
- Alltagsvorstellung von der Energie als „universeller Treibstoff“ (plus Facetten) (Duit 1986²): „Energy makes things go work.“ (Trumper 1993)
- Verknüpft mit Alltagsvorstellungen zu Wärme, Licht...
- Zeitpunkt Einführung: Unterricht ab Klasse 5 als sinnvoll erachtet.
- Energie ist ein hochgradig theorie- und modellgeladener Begriff.

Energie in der Grundschule?

- **Konzeptualisierung der Energie:**
 - Intuitiver Energiebegriff: Je größer eine Ursache, desto größer ihre Wirkung; 5-10 J.
 - Im Alter von 10 J. überwiegen anthropozentrische (Mensch hat Energie) und kausale (Energie macht, dass etwas geschieht) Vorstellungen (Trumper 1993, II).
- **Energieumwandlung:**
Bei komplexen Ketten, die im Experimente vorgeführt werden, nehmen Kinder nur Teile wahr (5-10 J.).
- **Energieerhaltung:**
Lokale Energieerhaltung bei einfachen Umwandlungen oder Teilen von komplexen Ketten (5-10 J.).
Ca. 30% der zehnjährigen Kinder zeigen Vorstellungen von Energieerhaltung. (Dahncke, Rhöneck 1978)
- **Energietransport:**
?
- **Energieentwertung:**
Thema erst bei älteren Schülerinnen und Schülern...

Literatur: Jenelten-Allkofer & Duit (1980), mech. Experimente.

Energie in der Grundschule?

Offene Fragen der Physikdidaktik an eine ‚Energielehre‘ in der Primarstufe:

- **Entwicklungs- und kognitionspsychologisch möglich? (Revision der bisherigen Positionen durch neue Arbeiten zur Frühen Kindheit: Z.B. Stern, Sodian)**
- **Welche Vorstufen von Energie-Konzepten sind in der Primarstufe erreichbar?**
- **Welche Auswirkungen hat eine frühe Verwendung des Energiebegriffes auf seine Entwicklung in der Sek. I? (Langzeitstudien)**
- **Ökonomische Frage: Ist die begrenzte Ressource Unterrichtszeit des SUs nicht effizienter für andere naturwissenschaftliche Inhalte nutzbar? Kosten Transfer (Lehreraus- und Lehrerweiterbildung)?**

Grundlegende Aspekte des Energiebegriffs im Sachunterricht

- Das Thema Energie ist ein Schlüsselproblem“
„ ... ,die Heranbildung eines vertieften ökologischen Bewusstseins und verantwortlichen Umgang mit der Natur und ihrer Lebewesen' (Energie, Luft und Wasser gehören dazu)“
Sonne erleben – Energie erfahren. Hess. Min. für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung. Zitat Rahmenplan.
- Alltagsenergie (z.B. Feuer, Licht, Wärme, Schall, Elektrizität, Wind, Wasser, Luft, Bewegung, ...)
- Ziel der Sachunterrichtslehre (Allgemein: R... (z.B. ...)).
- These: Lehrpläne für die Primarstufe haben nicht die Entwicklung eines physikalischen Energiebegriffs im Auge.

Das Thema Energie im Sachunterricht (Versuch einer Bestandsaufnahme) (1)

- These: Zurzeit normativer Alltagsbegriff der Energie in den Lehrplänen (Energie ‚Sparen‘).
- Historisch: Die Energie gelangt kurzzeitig als physikalischer Energiebegriff über fachlich-strukturell begründete Curricula in den 60er Jahren (Bruner 1970) in die Primarstufe.
 - Z.B. SCIS*: Gedanke der Basiskonzepte Erhaltung (Energie, Materie), Wechselwirkung, Teilchen (z.B. Energieheft von Spreckelsen 1974 für Klasse 4).

Fazit daraus: „Grundschul Kinder lernen (...) bestenfalls Wörter (...) assoziativ und korrekt zu gebrauchen.“
(Lauterbach 1992)

- Sachorientierung überspült Kindorientierung.

* Science Curriculum Improvement Study (60er Jahre)

Das Thema Energie im Sachunterricht (Versuch einer Bestandsaufnahme) (2)

- „Umdeutungsunterricht“ (Z.B. Soostmeyer 2001, Köster 2001): „Energie erleben“

Z.B. Energie der Sonne erleben (erfahren, wahrnehmen, empfinden – der Grundschulansatz ‚mit allen Sinnen‘) durch das Spüren von ‚Wärme‘.

- ‚Wärme‘ hat ebenso intensive Aspekte (Temperatur): Eindeutigkeit und Effektivität einer energetischen Deutung?

- Weiteres Beispiel:

Z.B. Wärme/Kälte wird über (Wärme-) Energie zur Energie (Spreckelsen nach Lechner (1992))

Das Thema Energie im Sachunterricht (Versuch einer Bestandsaufnahme) (2)

- **Mechanismus:**

Elektrische Energie der Steckdose kann sich in Bewegung, Wärme und Licht verwandeln.

„Bewegung“ - (schnell, langsam) – Bewegungsenergie

„Wärme“ - (warm, kalt) – Wärmeenergie

„Licht“ - (hell, dunkel) - Lichtenergie

Problem: Z.B. Elektrischer Strom, Elektrizität

Energie ist nicht mit den Sinnen erfahrbar.

Energie in der Grundschule?

Spannungsfeld:

- (1) Der physikalischer Energie
theoriegeladen und in
Luft oder Sinken/Schw
unmittelbare Erfahrungen zurückföhrbar.
- (2) Die Notwendigkeit des ‚Umgangs mit Energie‘
föhrt

Abstraktes Konzept
zur Klassifizierung
von Naturvorgängen.

... eher kein Thema für die Primarstufe.

... normativ zu einem

Gesellschaftlicher,
politischer und
wirtschaftlicher
Einfluss der
‚Energieversorgung‘.

Konkrete Lösungsvorschläge?

- **Alltagssprache belassen. Folgen für die Entwicklung eines physikalischen Energiebegriffs?**
- **Das Wort Energie nicht vermeiden, aber seinen Wortgebrauch erweitern:**
 - **Energie Sparen heißt Kohle, Öl, Benzin Sparen**
 - **Umwandlungsketten operational mit der Alltagssprache beschreiben und mit Experimenten zeigen – z.B. Energie kommt vom Kraftwerk in die Lampe, d.h.
... brennende Kohle erwärmt Wasser, Dampf entsteht, Dampf treibt Dynamo an... etc.
Analog: Licht fällt auf die Solarzelle, die Solarzelle kann wie eine Batterien einen Motor antreiben... etc.**

Energie in der Grundschule?

Konkrete Lösungsvorschläge?

- Energie als Oberbegriff für etwas, das wir technisch mit Öl, Kohle, Wasser, Wind, Solarzellen tun können.
- U.U. zusätzlich intuitiven Energiebegriff nutzbar machen: Mit einem Kilo Benzin im Kraftwerk kann die Lampe länger leuchten als mit einem Kilo Kohle.
- Energie-Energieträger
Energieträger sind
für unterschiedliche
Die Energie kommt
Träger wechseln.

Kognitionspsychologische
Fragestellung: Wie steuert
externe (auch interne)
Sprache den Aufbau von
mentalenen Modellen?

Sprachspielansatz – Gebrauch der Sprache – auch mit
Demonstrationsversuchen – zeigen (Wittgenstein 1953).

Explorative empirische Studie

(1) Instruktion

- ‚Physikunterricht‘ am SFZ
- 12 Wochen jede Woche 120 Minuten Unterricht
- Unterrichtsphasen: „Guter Grundschulunterricht“
- Akzeptierte Redeweisen:
 - Man braucht Energie, um zu...
 - Energie ist in der Nahrung, dem Treibstoff...
 - Keine Energie ohne Träger
 - Energieträger sind: Nahrung, Treibstoff, Brennstoff, Wasserdampf, Wasser, Wind, Sonne, Licht, elektrischer Strom (Kurz: Strom), Elektrizität, Bewegung

Explorative empirische Studie

(2) Stichprobe

- N=10 (2 Mädchen, 8 Jungen), 9/10 Jahre
- Grundschule BW, Klasse 3/4, ländliche Region
- Nicht repräsentativ (Selektion Schule, SFZ)

(3) Untersuchungsmethode: Qualitativ-quantitative Studie

- Fragebogen zur Akzeptanz von Aussagen (4-stufige Likert-Skala)
- Interviews zu ausgewählten Angaben: „Kannst du mir bitte erklären, warum du das Kreuz an diese Stelle gemacht hast?“

Explorative empirische Studie

(4) Fragen:

1. Konzeptualisierung: Energie-Träger-Konzept

- Akzeptieren die Lernenden sprachlich zwischen Energie und Träger?
- Erkennen sie die Trägerwechsel? (,Energieumwandlung')

2. Energieerhaltung:

- Präkonzept Energieerhaltung? (Mengenartigkeit)

3. Wird der sprachliche Gebrauch von Aussagen zur Energie von Schülervorstellungen zu anderen Phänomenen beeinflusst?

Erwartung: Ideosynkrasien (Facetten und Dimensionen)

Ergebnisse

- Akzeptieren die Lernenden sprachlich zwischen Energie und Träger?

Items:

- (1) Energie und Licht sind dasselbe.
- (2) Energie ist Licht.
- (3) Energie ist etwas anderes als Licht.

Ergebnisse

- Akzeptieren die Energie und Transformationen

Aus dem Ankreuzverhalten lässt sich nicht auf die Akzeptanz oder die Vorstellung schließen...

Items:

- (1) Energie und Licht/Wärme/Bewegung/Elektrizität /Strom sind dasselbe.
- (2) Energie ist Licht/Wärme/Bewegung/Elektrizität /Strom.
- (3) Energie ist etwas anderes als Licht/Wärme /Bewegung/Elektrizität/Strom.

Licht gleich Energie?

Interviewausschnitt mit Anna1 (9J)

I: *, und,... was ich eigentlich wissen möchte ist, warum du das Kreuz.. hier gemacht hast. (...)

S: Weil, +, ... Weil .. die Energie, +...

I: Probiere

S: Weil die Energie und das Licht, die gehen ja .. eigentlich ... durch die Luft.

I: Die gehen durch die Luft. Ja. OK...

S: .. Ja ... (10)

I: OK. .. Schau mal, hier sagst du aber auch, Energie ist etwas anderes als Licht ..

S: ...Ja, weil .. Energie, die sieht man ja eigentlich nicht, (=I: *) und s Licht sieht man.

I: Ja. OK. ... Also sind beide Antworten richtig?

S: Ja.

I: Das musst du mir erklären.

Energie in der Grundschule

Trenn. Energie	<i>Benzin</i>	<i>Strom</i>	<i>Elektr.</i>	<i>Beweg.</i>	<i>Wärme</i>	<i>Licht</i>
Hans 1	1	1	1	1	1	1
Anna 1	1	Nicht	Nicht	1	1	1
Hans 2	Nicht	1	Nicht	Nicht	Nicht	Nicht
Hans 3	?	Nicht	Nicht	Nicht	Nicht	Nicht
Hans 4	?	Nicht	Nicht	1	1	1
Hans 5	Nicht	Nicht	Nicht	1	1	1
Hans 6	?	1	1	1	1	Beide
Hans 7	?	1	1	(1)	1	1
Anna 2	1	1	1	1	1	1
Hans 8	1	1	1	1	1	1
%	-	60	50	80	80	70

Trägerwechsel/Energieumwandlung

Präkonzept Energieerhaltung

Interviewausschnitt mit Anna2 (10J)

I: (...) Denn wenn das Auto die Energie verbraucht hat, dann ist die Energie aus dem Auto in die Luft und in die Straße gegangen, is falsch.. (=S: Ja.) * sie is weg, is falsch und is sie irgendwo hingegangen, ausm Auto?

S: ... gegangen nicht. (=I: Sondern?) Sie.. die isch, ich sag mal so, die schwebt..(=I: Die schwebt. OK.) Ich sag s mal so.

I: Jaja, is schon richtig.)

S: ...weil, ich kann die Energie ja auch wieder zu mir ziehn, indem Karotten, oder halt andres Gemüse und so enthält ja alles Energie, alles was mir essen (*) und da kann ich mir ja, mir die Energie wieder holn und ich verbrauch sie wieder beim Sport, dann hol ich sie mir wieder zurück, also das is wie n Kreislauf. Und Energie geht auch nie verlorn.

Trägerwechsel/Energieumwandlung

Präkonzept Energieerhaltung

Interviewausschnitt mit Hans5 (9J)

I: (...) Die Energie wird verbraucht.. Is richtig, ja? (=S: Ja.)
dann is sie weg. Wie meinst du das, dass die Energie weg is?
Weil hier sagst du, sie is nur wo anderst hin..

S: ... also.. weg.. also.. n Auto, sagen wa, verbraucht jetzt mal
Energie.. (...) Also, die Energie geht vom Auto weg, aber.. (*)
irgendwie war die Frage, die war, die war irgendwie sehr
schwer.. weil man (/I: Ja./) des nich, nie genau, des kann ma
eigentlich nich genau sagen..

I: OK. Aber du meinst, also, dann is sie nicht mehr im Auto. Das
meinst du mit weg? (/S: ja. + +) Weg aus m Auto.

S: Ja, also, mit der Energie kann das Auto dann nix mehr
machen (...)

Umwandlungsketten (Operationale Beschreibung)

Interviewausschnitt mit Hans7 (10J)

S: Ja, das ham wir heute, vorher in der (???) irgendwo g'sagt.. Das.. im Wasserkraftwerk, da ham ne Turbine..(*) und.. ma, ma hat meischtens davor nen Stausee..

(*) und da wird dann.. n Klappe geöffnet.. (*) fließt dann das Wasser als Strom,.. als Fluss-Strom (*) quasi durch.. Und wenn a.., und die + Turbine, die fängt sich dann, die fängt dann zum drehe (*) und.. durch a ..Achse oder.. (=I: Ja.) Querstange (=I: Ja.) isch halt n Generator mit verbunde.. und der erzeugt dann den elektrische Strom.

Überlagerung mit anderen Schülervorstellungen

Interviewausschnitt mit Hans4 (9J)

I: (...) So schau mal da: Das Licht transportiert Energie, ja?, so wie ein LKW Sand transportiert.. * Warum hast du dich dafür entschieden?

S: .. +... Weil +.. Wie soll ich sagen.. Licht kann ja n.. LKW nicht transportieren und .. n LKW hat ja.. das bewegt, das bewegt sich und die Licht nicht ..

I: * Hab ich nicht ganz verstanden.

S: Also, (/I: Versuchs noch mal./) der LKW bewegt sich und (/I: Ja./) die Licht nicht.

I: Das Licht bewegt sich nicht?

S: .. Nö. (=I: Ne.?) Außer wenn s in nem Auto steht, oder so..

I: Noch mal. Außer?

S: Außer wenn.. Auto nen Scheinwerfer, nen Scheinwerfer hat und des Licht an isch und dann fährt er halt und dann bewegts..

Überlagerung mit anderen Schülervorstellungen

Interviewausschnitt mit Hans6 (10J)

S: Also.. wenn der elektrische Strom jetzt durch die Steckdose, oder .. halt in den Fernseher geht.. (=I: Ja.) sozusagen und in den Fernseher muss ja s Bild ja auch angetrieben werden.

I: Das Bild muss auch angetrieben werden?

S: Ja, sozusagen, dass es Farbe hat (=I: OK. Ja.) und braucht n bisschen Bewegung, bei manchen Sachen (I: Ja.) und dann, wenn der Strom, wenn der einfach, der fließt ja wie n Wasser (I: Ja.) und wenn da einfach das Kabel über n Rädchen gehen würde (I: Ja.) das da irgendwo was anspringt, würd das nich gehen, weil sonst das K.. der Strom einfach durchfließt. Und das braucht auch n bisschen Energie, damit s in Bewegung umgewandelt werden kann.

I: OK. Also werden dann so die Farben, oder was du da siehst, (=S: Ja.) an den Leuten, dass die sich bewegen.. braucht s auch n bisschen Energie.. (+) OK. Danke schön.

Zusammenfassung

- Akzeptanz für Energie-Träger-Konzept (vermutlich) induzierbar oder vorhanden; Träger als Moderatorvariable.
- Präkonzept Energieerhaltung (Mengenartigkeit): 70%
- Trägerwechsel problematisch.
- ‚Haloeffekt‘ Schülervorstellungen.

Ausblick

- Gemeinsamer Energiebegriff im Sachunterricht, der anschlussfähig für Biologie, Chemie, Geographie ist.
- Didaktischer Aufbau, Modellbildung, Phänomene/Versuche?
- Intuitive Energiekonzepte?