

Värmekameror gör det osynliga synligt

Jesper Haglund
Fredrik Jeppsson

David Hedberg
Charles Xie
Konrad Schönborn

Institutionen för fysik och astronomi, Uppsala universitet
Institutionen för samhälls- och välfärdsstudier, Linköpings universitet
Realgymnasiet, Norrköping
Concord Consortium, USA
Institutionen för teknik och naturvetenskap, Linköpings universitet

Med hjälp av värmekameror framträder lejonen på Serengeti tydligt på kilometers håll i natten på BBC:s senaste filmer och läckande fjärrvärmeledningar kan numera upptäckas från helikopter. Det kan låta som science fiction, men den snabba teknikutvecklingen inom detta område gör att vi nu kan "göra det osynliga synligt" även i det naturvetenskapliga klassrummet.

Hittills har vi varit begränsade vid undervisningen om värmerelaterade fenomen, och dess centrala begrepp som värme och temperatur, på grund av deras abstrakta karaktär. Till skillnad från mekaniken där man kan se och manipulera till exempel hur föremål rör sig erbjuder värmeläran få sådana möjligheter. Vi kan inte direkt se hur värmen "flödar" från varmare till kallare föremål, utan är utlämnade till vår ganska trubbiga förmåga att skilja varmt från kallt med hjälp av vårt känslosinne. Som en följd har den naturvetenskapsdidaktiska forskningen visat att elever har svårt att lära sig om värmerelaterade fenomen och dess begrepp.

Charles Xie menar emellertid att handhållna värmekameror – en modern, lättanvänd och alltmer prisvärd visualiseringsteknik – nu erbjuder goda möjligheter att ta sig an dessa utmaningar i den naturvetenskapliga undervisningen:

Allt man behöver göra är att rikta kameran mot ett objekt, precis som med en vanlig digitalkamera. Med en holistisk bild som visar förändringarna i ett temperaturfält, ser man subtila, snabba fenomen, som annars skulle ha gått obemärkta förbi (Xie, 2014).

Värmekameror hjälper oss att se värme

Värmekameror som teknik bygger på fenomenet att all materia avger elektromagnetisk strålning. Strålningens spektrum, fördelningen av våglängder, beror enligt Plancks strålningslag huvudsakligen på materiens temperatur: ju högre temperatur, desto kortare våglängd. För riktigt varma föremål, såsom glödande järn, kan vi se denna strålning i form av synligt ljus. Strålningen från föremål i närheten av rumstemperatur har dock en längre våglängd än synligt ljus, så kallat infrarött (IR) ljus. Värmekameror mäter detta infraröda ljus, beräknar temperaturen på ytan av ett föremål, och återger temperaturen på en skärm i en färgskala.

Studier på användning av värmekameror i klassrummet

Med utvecklingen av lättanvända och alltmer prisvärda värmekameror har idén lanserats att de kan användas för att stärka den naturvetenskapliga undervisningen (Vollmer, Möllmann, Pinno & Karlstädt, 2001; Xie, 2011). Det ämnesområde som ligger närmast till hands är värmeläran eller termodynamiken. Till exempel föreslår Charles Xie att man kan undersöka konvektion genom att låta en isbit smälta i vatten (vänster i bilderna nedan), till skillnad från i koncentrerad saltlösning

(höger i bilderna ovan). Utöver värmeläran kan även fenomen inom mekaniken, såsom friktion, synliggöras med värmekameror. Inom praktiska och tekniska utbildningar finns dessutom mer direkta industriella tillämpningar.

I ett samarbete mellan Linköpings universitet, skolor i Östergötland och Concord Consortium har vi under tre år utvecklat och genomfört laborationer med värmekameror för olika åldersgrupper i grundskola och gymnasium.

Vi utförde först en mindre studie, där vi bad sjundeklassare att arbeta laborativt i par med värmekameror (Schönborn, Haglund & Xie, 2014). Utifrån ansatsen 'predict-observe-explain' (White & Gunstone, 1992) bad vi eleverna att först känna på en mattniv i stål och en träbit i klassrummet, förutsäga deras temperatur, observera temperaturerna, och sedan förklara eventuella skillnader mellan förutsägelse och observation. Eleverna uppvisade en kognitiv konflikt i att metallen känns kallare än träet, men visade sig ha samma temperatur vid mätning. Vi bad sedan en av dem att hålla i ändarna av föremålen under två minuter, medan labbkamraten observerade med värmekameran (se bild nedan). Tack vare metallens goda värmeledningsförmåga leds värme längsmed kniven och värmer upp den, medan trä är en isolator som förhindrar värmeledning. Vi hade hoppats att eleverna skulle tolka detta som ett värme flöde från deras händer till föremålen, där det större värme flödet till kniven skulle förklara varför den var kallare. Eleverna beskrev dock fenomenet i termer av "det blir varmare", eller "temperaturen ökar". Den kognitiva konflikten bestod genom övningen, och en av dem konstaterade frustrerat: "Alltså, metall är verkligen bara kallare!"

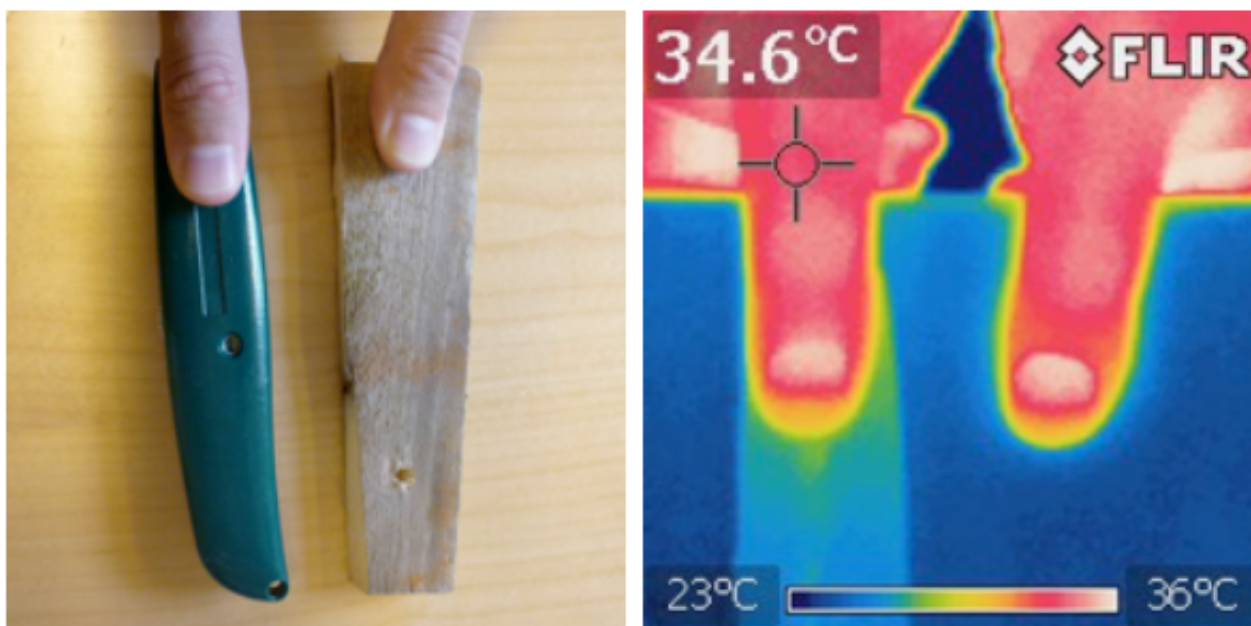


Bild 2.

I nästa steg utvecklade vi i samverkan med mellanstadielärare laborativa övningar med hjälp av värmekameror och genomförde dem i två parallella fjärdeklasser. Baserat på erfarenheterna från studien med sjundeklassarna drog vi slutsatsen att vi behövde introducera en enkel modell över värme flöde: värme tenderar att flöda från varmare till kallare föremål. Förutom övningen med kniven och träbiten bad vi eleverna bland annat att i grupper om cirka fyra-fem deltagare undersöka vad som sker då man håller varmt vatten i en kaffekopp, respektive en tunn plastmugg (vänster i bilden nedan), samt sätta ena handen i kallt vatten och den andra i varmt vatten (bilden till höger nedan) och sedan båda i ljummet vatten och uppleva hur olika det känns i händerna. Med detta mer genomarbetade undervisningsupplägg blev det möjligt för eleverna att kunna se och

beskriva värmerelaterade fenomen i termer av ett värmeflöde.

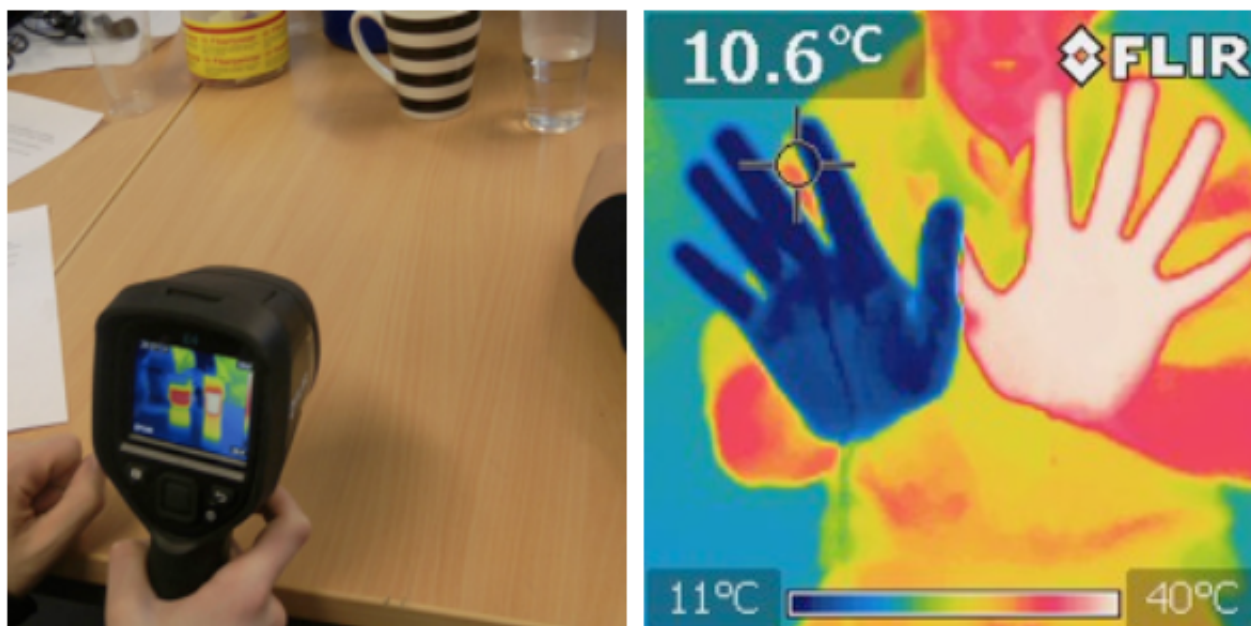


Bild 3.

Inom ramen för Björn Hållanders examensarbete vid lärarutbildningen utvecklades laborativa moment med värmekameror för gymnasienivån, vilka genomfördes med elever på teknik- och industriprogrammen. En av laborationerna involverade friktion, i det att man ser ett tydligt "värmespår" då man drar ett suddgummi mot en bänk. På motsvarande sätt ser man ett "värmeavtryck" då ett bouleklott släpps ner på asfalt från två meters höjd (se bilder nedan). Med hjälp av vilka mekanismer alstras den höjda temperaturen? Vad händer med klotets rörelseenergi då det slår i backen? Laborationerna har också genomförts inom ramen för Davids Hedbergs undervisning på teknikprogrammet, där värmekameror även användes vid mätning av luftförvärmare, som eleverna hade designat och byggt i ett ämnesövergripande projekt.

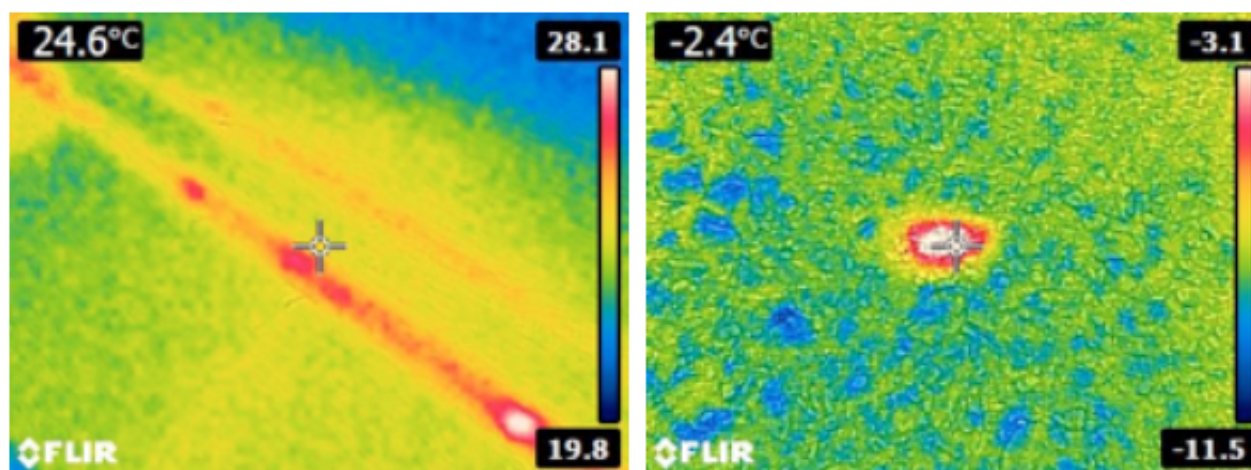


Bild 4.



Bild 5.

Vi är nu i färd med att utveckla laborationer med värmekameror även för universitetsnivå, för att askådliggöra de tre mekanismerna för värme: värmeledning, konvektion och strålning.

Implikation: Framtida möjligheter i undervisningen

I våra studier har vi kommit att uppskatta hur man kan använda värmekameror för innovativ undervisning. Då tekniken är lättanvänd upplevde vi inga svårigheter för så unga elever som fjärdeklassare att ta till sig den. Vid sidan av att stärka den begreppsliga förståelsen inom värmelära, finns dessutom även en tydlig estetisk, motiverande dimension, då värmekameran skapar fascinerande och vackra bilder. Titta gärna på Concords hemsida för värmekameror, <http://energy.concord.org/ir>, där Charles Xie har lagt ut ett antal fritt tillgängliga laborationer för vidare inspiration (Xie, 2014).

David Hedberg gör följande reflektioner efter användningen av värmekameror i sin undervisning:

Att använda värmekamerorna i undervisningen var för det första ett kul inslag för eleverna. Att kunna använda utrustning för att visualisera det man känner och det man inte känner var ett väldigt bra sätt att skapa bra diskussioner och reda ut de olika begreppen. Under det ämnesövergripande projektet Luftfövärmaren där eleverna konstruerade ett eget system för att omvandla solenergi till varmluft fick vi även användning av värmekamerorna som ren mätutrustning. Med hjälp av kamerorna kunde eleverna lokalisera var i fövärmarna som det blev varmast och om de läckte värme någonstans. Ett annat användningsområde som jag skulle kunna tänka mig för värmekamerorna är för att introducera den moderna fysiken med kvanthypotesen och svartkroppstrålning.

Vilka begränsningar finns då med tekniken? Först vill vi peka på de något nedslående resultaten med sjundeklassarna. Om man inte har utvecklat ett begrepp för värme som något som kan utbytas mellan våra händer och föremål vi rör vid kommer vi inte att se värmen ens om vi har en värmekamera till hands. Praktiska laborationer behöver gå hand i hand med introduktion av centrala begrepp. En annan faktor är kostnaden. En handhållen värmekamera, t.ex. av modellen FLIR E4, kostar ca 10000 kr, och det är en stor utgift i de flesta skolsammanhang. Glädjande nog har emellertid värmekameror som monteras på smarta telefoner, FLIR ONE och Seek Thermal, nyligen lanserats i en avsevärt lägre prisklass. Vi ser utveckling av laborationer som ett lämpligt fält för vidare samarbete mellan didaktikforskningen och aktiva lärare i skolan.

Referenser

1. Schönborn, Konrad J., Haglund, Jesper, & Xie, Charles. (2014). Pupils' early explorations of thermoimaging to interpret heat and temperature. *Journal of Baltic Science Education*, 1, 118-132.
2. Vollmer, Michael, Möllmann, Klaus-Peter, Pinno, Frank, & Karstädt, Detlef. (2001). There is more to see than eyes can detect - Visualization of energy transfer processes and the laws of radiation for physics education. *The Physics Teacher*, 6, 371-376.
3. White, Richard, & Gunstone, Richard. (1992). *Probing understanding*. London, UK: The Falmer Press.
4. Xie, Charles. (2011). Visualizing chemistry with infrared imaging. *Journal of Chemical Education*, 7, 881-885.
5. Xie, Charles. (2014, augusti, 20, 15:20). Tillgänglig via: <http://energy.concord.org/ir>.