Johannes Krauth

Das Haus vom Nikolaus

Prinzipien wissenschaftlichen Arbeitens

Inhaltsverzeichnis

Dieses Buch entstand im Rahmen der „Forscherwerkstatt Vahr“, einem Projekt am Bremer Bürgerzentrum Neue Vahr, das Kinder und Jugendliche mit MINT vertraut machen will.

MINT ist eine Abkürzung für die Fächer **M**athematik, **I**nformatik, **N**aturwissenschaften und **T**echnik. Die Forscherwerkstatt Vahr bietet Kindern und Jugendlichen Möglichkeiten zum Experimentieren, Basteln und Präsentieren. In den jährlichen Ausstellungen „MINT zum Anfassen“ zeigt sie allen Bremer Schulen ihre Ergebnisse.

Die Experimente und Exponate sind zu sehen unter www.forscherwerkstatt-vahr.de

Der Autor, Dipl.-Math. Dr. tech. Johannes Krauth arbeitete an verschiedenen Forschungsinstituten im In- und Ausland. Die damit verbundene Notwendigkeit, ständig „verkaufbare“ Ergebnisse zu produzieren, haben seine kindliche Neugier nicht bremsen können. Deswegen wendet er sich nach dem Ende seiner beruflichen Laufbahn wieder „Forschungsprojekten“ zu, die er ganz ohne Ergebnisdruck bearbeiten kann. Seine Kollegen sind jetzt die Kinder und Jugendlichen in der Forscherwerkstatt Vahr.

Mehr über den Autor unter www.johannes-krauth.de

Der Reinerlös aus dem Verkauf dieses Buches kommt dem Verein Frühe Blüten zugute, der Kindern in sozialen Randlagen helfen will, Selbstvertrauen aufzubauen. Denn Selbstvertrauen – so zeigen viele wissenschaftliche Studien – ist das, was für den Erfolg in der Schule und im Leben am wichtigsten ist.

Vorwort: Warum dieses Buch?

Dieses Buch beschäftigt sich – und hoffentlich auch Sie, verehrte Leser – mit dem alten Zeichenrätsel „Das Haus vom Nikolaus“. Wahrscheinlich kennen Sie das Rätsel, vielleicht kennen Sie sogar die Lösung. Aber können Sie auch eine ganze Wissenschaft darum herum entwickeln?

Tim und seine Mitstreiter können es. Ohne es selber zu wissen, zeigen sie uns dabei, wie Wissenschaftler arbeiten: nämlich gar nicht so viel anders als „normale“ Menschen. Aber ein bisschen anders doch, und dieses Bisschen macht den Unterschied.
Sehen Sie selber.

Das Rätsel wird überwiegend Kindern gestellt. Deswegen rede ich ab sofort den Leser mit „Du“ an. Ich hoffe, das nimmt mir niemand übel. Übrigens sind kindliche Neugier und Unbefangenheit Eigenschaften, die in der Wissenschaft nicht fehlen dürfen.

Wenn ich hier von „Wissenschaft“ rede, dann meine ich die „exakten“ Wissenschaften: Mathematik, Physik, Chemie, teilweise auch Biologie. Sie haben gegenüber anderen Wissensgebieten den Vorteil, dass Experimente – zumindest nach unserem gegenwärtigen Kenntnisstand – wiederholt und ihre Ergebnisse somit überprüft werden können. In der Medizin, Psychologie oder Soziologie geht das nicht: Man wird nie zwei genau gleiche Menschen oder zwei genau gleiche Situationen finden.

Wissenschaftliches Arbeiten wird hier auf zwei Arten erklärt: Einmal begleiten wir den etwa zehnjährigen Tim bei der teils mühseligen Suche nach einer Lösung und nach Antworten auf immer wieder neue Fragen. *Parallel dazu erkläre ich, inwieweit Tim und seine „Forscher-Kollegen" dabei wissenschaftlich arbeiten. Diese Erklärungen sind durch die kursive Schrift deutlich von der Erzählung unterschieden.* Du kannst wählen, ob du beide lesen willst oder nur die Erzählung von Tims Versuchen und Ergebnissen. *Wen diese Erzählung langweilt und wer sich lieber auf die kursiv geschriebenen Erklärungen beschränken will, muss jedoch damit rechnen, dass er trotzdem hin und wieder etwas über die Kinder und ihre Großeltern erfährt.*

Wie schon gesagt: Eine ganz wesentliche Voraussetzung ist Neugier. Sie führt dazu, dass nach jeder Antwort sofort eine neue Frage auftaucht. So auch hier. Am Ende hat Tim viel mehr als nur eine Lösung. Er weiß auch, dass es mehrere Lösungen gibt und wie man sie alle finden kann. Er findet sogar eine Methode, mit der man für jedes nur denkbare Haus ganz schnell sagen kann, ob man es in einem Strich zeichnen kann und wo man anfangen muss.

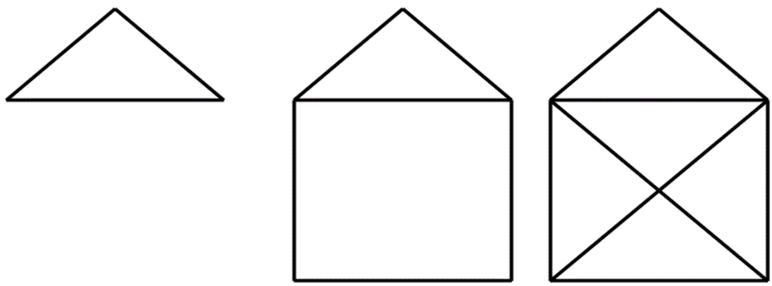
Diese Methode ist beileibe nicht nur auf die Häuser vom Nikolaus anwendbar, sondern auch auf viele andere Zeichnungen und Grafiken. Sie hat am Ende sogar erhebliche praktische Bedeutung, sie hilft bei der Lösung von Problemen, die für manche Leute wirklich wichtig sind. Kurz: Sie hat alles, was man sich von einer wissenschaftlichen Theorie nur wünschen kann.

Wissenschaftliches Arbeiten verläuft oft auf vielen Irrwegen, aber am Ende findet sich meistens eine „einfache" Lösung, die viel leichter zu erklären ist als all die Vermutungen und Irrtümer, die den Weg dahin gepflastert haben. Wenn du diese Irrwege überspringen willst, dann kannst du trotzdem am Ende von Kapitel 6 verstehen, wieso der Nikolaus sein Haus gerade so baut, wie er es tut. Dafür haben Tim und seine Forscher-Kollegen eine schöne und ganz einfache, aber trotzdem streng wissenschaftliche Theorie entwickelt.

Diese Theorie ist die Graphentheorie, ein Teilgebiet der Mathematik, das Studenten meist erst ab dem dritten Semester kennen lernen – oder noch später. Wenn du diese Theorie jetzt schon verstehst, dann bist du echt gut in Mathematik! Wahrscheinlich viel besser als du denkst.

Kapitel 1: Eine Frage und einige Experimente

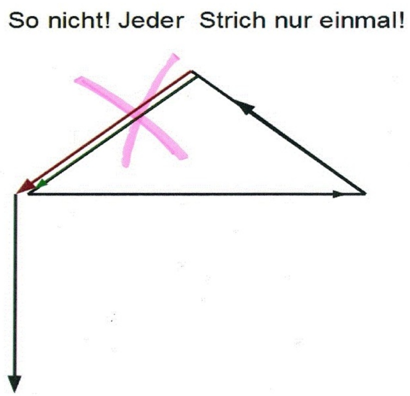
Tim ist zu Besuch bei seinen Großeltern – und langweilt sich.
„Oma, was soll ich machen?“
„Mal doch etwas!“
„Malen ist langweilig.“
„Dann mal doch mal das Haus vom Nikolaus, das ist nicht langweilig.“
Tim wehrt ab: „Wieso? Ein Haus zu malen - was ist denn daran so spannend?“
„Das ist ein Rätsel“, erklärt Oma. Sie nimmt ein Blatt Papier und einen Bleistift und zeichnet ein Dreieck, darunter ein Quadrat, und schließlich in das Quadrat ein X.
„Dies ist das Haus vom Nikolaus“, sagt sie,.



„Genau dieses Haus sollst du nachzeichnen. Aber du darfst den Stift zwischendurch nicht vom Papier nehmen.“
„Du hast ihn aber vom Papier genommen!“ protestiert Tim.

„Ein bisschen schwerer soll es für dich schon sein, sonst ist es dir gleich wieder langweilig.“

Tim nimmt Papier und Stift und beginnt. Er beginnt ganz oben am Dachfirst, zeichnet zuerst das Dreieck und fährt dann an der linken Seite des Dachs wieder nach unten, um das Quadrat darunter zu zeichnen.
„Halt“, sagt Oma, „das ist nicht erlaubt!“
„Wieso denn nicht?“
„Du darfst keinen Strich zweimal zeichnen.“
„Das hast du aber eben noch nicht gesagt.“
„Stimmt, aber jetzt ist es mir wieder eingefallen: Jeder Strich darf nur einmal gezeichnet werden, sonst ist es viel zu leicht.“



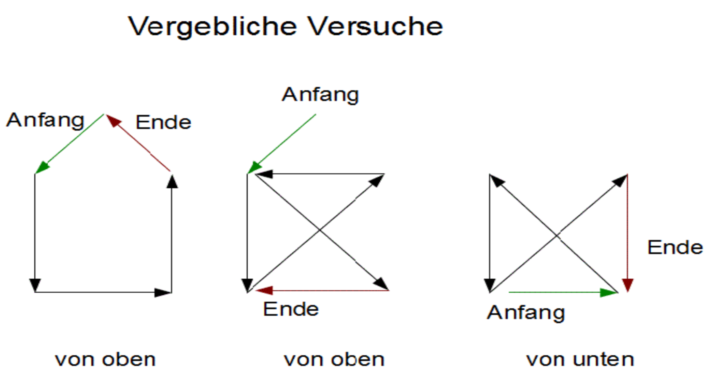
Tim fängt noch einmal an und zeichnet wieder das Dach. Als er das Dreieck fertig hat, geht es nicht mehr weiter. Er zögert. „Das ist bestimmt zu schwer für mich.“

„Ich glaube, du kannst das“, ermuntert ihn die Oma. „Versuch es nur und gib nicht gleich auf.“

Er versucht es noch einmal, diesmal aber fährt er zunächst nach links unten, dann nach rechts und nach oben: einmal ums Haus herum. Oben geht es wieder nicht weiter, aber es fehlen nur noch drei Striche – schon viel besser als beim ersten Versuch.

Beim dritten Versuch fährt er wieder ganz nach links unten, dann schräg nach rechts oben, waagerecht nach links,schräg nach rechts unten und waagerecht nach links unten – Ende. Keine Lösung, aber es fehlen nur noch zwei Striche. Er wird immer besser!

Nun fängt er ganz unten an. Er zieht den Stift zuerst nach links, dann schräg hoch nach rechts, dann zurück zum Anfangspunkt. Nun schräg nach rechts, senkrecht nach unten – zwei Dreiecke. Und wieder geht es nicht weiter. Drei Striche fehlen. Vorher fehlten nur zwei. Anscheinend ist es besser, oben anzufangen. Also versucht er es noch einmal von oben aus, kommt aber nicht zum Ziel: Zwei Striche fehlen noch
„Geht das denn überhaupt“ fragt Tim.
„Ja, *dass* es geht, das weiß ich noch genau. Aber *wie* es geht, das weiß ich nicht mehr.“



Tim nimmt sich ein neues Blatt. Diesmal fängt er auf halber Höhe an, an der linken oberen Ecke des Quadrats. Auch diesmal kommt er nicht zum Ziel, aber es fehlt nur noch ein Strich. Schon ganz nah am Ziel!
Er versucht es noch mehrmals mit demselben Anfangspunkt, aber immer fehlt am Ende ein Strich.

„Wo soll ich denn anfangen?“ fragt er
„Das kannst du dir aussuchen.“
„Ich habe schon alles ausprobiert. Ich habe ganz oben angefangen, da fehlten jedes Mal *zwei* Striche, manchmal sogar mehr. Dann habe ich in der Mitte angefangen, da fehlte jedes Mal *ein* Strich,“
„Das ist doch schon besser“ sagte Oma. „Und wenn du ganz unten anfängst?“
„Das habe ich auch schon probiert, da fehlten mir noch *drei* Striche.“
„Dann lass es uns mal zusammen versuchen.“ Oma rückt ihren Stuhl neben seinen, nimmt den Stift und beginnt zu zeichnen.

Nimm dir nun auch ein Blatt Papier und einen Stift und hilf den beiden!

Wo fängst du an?

Und wie geht es dann weiter?

Tipp: Heb alle vergeblichen Versuche auf! Wir brauchen sie noch.

Oma zieht den Strich von links unten nach oben bis zum Dachfirst, von da aus auf der rechten Seite hinunter bis ganz unten. Dann zögert sie: „Und jetzt?“
Plötzlich sieht Tim, wie es gehen muss: Waagerecht nach links, schräg aufwärts nach rechts, wieder waagerecht nach links und schräg abwärts nach rechts. Fertig.
Geschafft!!

„Wenn Opa nach Hause kommt, zeigst du es ihm, der wird staunen“, schlägt Oma vor.

Ein paar Stunden muss Tim noch warten..
„Opa, kannst du das Haus vom Nikolaus zeichnen?“ fragt er, als Opa endlich zur Tür hereinkommt.
Opa kennt das Rätsel, kennt aber die Lösung nicht mehr. Voller Stolz zeigt Tim ihm das fertige Haus.
„Und wie hast du das gemacht?“ will Opa wissen.
Tim weiß nicht mehr genau, wie es ging. Zweimal bleibt er stecken, beim dritten Anlauf schafft er es. „Toll!“ staunt Opa.

Am nächsten Morgen sieht Tim die beiden Nachbarskinder Kai und Petra draußen, sie kommen gerade vom Ponystall zurück. Tim öffnet das Fenster und ruft:
„He, kennt ihr das Haus vom Nikolaus?“
„Was iss`n das?“
Tim nimmt sich einen Block Papier und einen Stift und rennt nach draußen. Er zeichnet das Haus genauso wie es die Oma gestern gezeichnet hat: Erst das Dreieck, darunter das Quadrat, da hinein das X. Dann erklärt er ihnen, dass man alle Striche hintereinander, also ohne den Stift vom Papier zu heben, zeichnen muss, und dass kein Strich doppelt gezeichnet werden darf.
Ehe sie es geschafft haben, ruft ihre Mutter sie schon nach Hause.
„Soll ich es euch zeigen?“ fragt Tim.

„Ja, aber mach schnell!“
Tim erinnert sich nicht mehr, wie er es gestern gemacht hat. Wo hat er angefangen? Er erinnert sich noch, dass in der Mitte am wenigsten Striche fehlten. Also fängt er in der Mitte an, aber es klappt nicht.
„Wie ging das noch?“ fragt er sich. Er spürt, dass ihm die beiden nicht glauben. Er fängt noch einmal an, diesmal ganz oben, aber Kai und Petra laufen schon weg.
„Morgen zeige ich es euch!“ ruft er ihnen nach. Zuhause schafft er es wieder, diesmal merkt er sich: Unten anfangen! Und dann gleich ganz nach oben!

Am Nachmittag stehen Kai und Petra vor der Tür, beide mit einem Blatt Papier in der Hand, auf beiden ist das fertige Haus vom Nikolaus zu sehen. Petra hat sogar einen Stift dabei.
„Wir haben es geschafft.“ sagt Petra stolz.
„Ich auch“ antwortet Tim. Er lässt sich von Petra Papier und Stift geben und will es ihnen zeigen. Er fängt unten links an und zieht dann einen Strich gerade nach oben.
„Das ist falsch“, unterbricht Petra, „Du musst erst nach rechts gehen.“
„Nein“, widerspricht Kai, „Das ist schon richtig. Jetzt musst du ganz nach oben.“
Tim verlässt sich lieber auf Kai. Und er schafft es, am Ende sind alle Linien genau einmal gezogen.
„Siehst du“, sagt Kai triumphierend zu Petra, „Ich hatte Recht.“

Aber Petra gibt nicht auf. Sie fängt auch unten links an, zieht aber zuerst einen waagerechten Strich nach rechts, fährt dann nach oben und links wieder hinunter - einmal ganz ums Haus herum. Der Rest geht wie von selbst.
„Siehst du“ sagt sie „jetzt habe *ich* Recht!“
Sie strahlt und die beiden Jungen sind erst einmal verwirrt. Kann das sein?

Welche Lösung ist nun die richtige? Sie streiten eine Weile, jede Seite wirft der anderen vor, sie habe gemogelt. Aber sie können keine Fehler finden, weder bei Tims Lösung noch bei der von Petra. Petra schafft es auch auf Tims Weg und Tim schafft es, wenn er es genauso macht, wie Petra es gemacht hat.

Also müssen sie sagen: Es gibt zwei Lösungen.

Nun lasst uns einmal überlegen: Was hat das Ganze mit Wissenschaft zu tun?.

Nun, Tim, Petra und Kai „arbeiten" hier genau wie Wissenschaftler: Sie haben eine Frage, ein Problem, das sie untersuchen. Sie suchen eine Antwort, eine Lösung, die bestimmten Bedingungen genügt: Es soll dasselbe Haus gezeichnet werden, aber man darf den Stift nicht absetzen.

Hat man die Frage und die Bedingungen geklärt, macht man erste Versuche oder „Experimente", wie es in der Wissenschaft heißt. Man probiert mal dies, mal jenes und gewinnt allmählich ein Gefühl für das Gebiet, auf dem man sich jetzt bewegt. Oft tauchen dabei neue Aspekte auf, die zu einer genaueren Frage oder neuen Bedingungen führen. (Hier ist es z. B. die Bedingung: Keiner der 8 Striche darf doppelt gezeichnet werden.) Dann macht man mit diesen neuen Bedingungen neue Experimente – und so weiter.

Es ist wichtig, diese Frage nicht aus dem Auge zu verlieren, sonst kommt man nicht voran. Zwar kommt es vor, dass die Frage verändert oder genauer gefasst wird, es kann sogar vorkommen, dass man erkennt: Diese Frage hilft uns nicht weiter, und dass man sie deswegen ganz fallen lässt und eine neue stellt. Dennoch ist es *wichtig, sich immer klar darüber zu sein, was man eigentlich sucht. Nur dann kann man sinnvolle Experimente machen.*

Was braucht ein Wissenschaftler, um arbeiten zu können? Das Wichtigste ist die Neugier. Ohne sie geht es nicht. Sehr wichtig ist auch eine gewisse Disziplin, ein Durchhaltevermögen. Denn gerade am Anfang geht man oft erst einmal in die falsche Richtung und muss dann anscheinend noch einmal ganz neu beginnen. Und schließlich braucht man Dinge oder Geräte, mit denen man die Experimente durchführen kann – in unserem Beispiel nur einen Stift und Papier.

Nach vielen Experimenten hat man irgendein Ergebnis. Manchmal hat man schon eine Lösung gefunden, manchmal weiß man nur: So geht es nicht. *Das ist auch ein Ergebnis. Man weiß jetzt: Diesen Weg braucht man nicht noch einmal auszuprobieren. Wenn es überhaupt einen Lösung gibt, muss man sie anderswo suchen.*

Tim ist beim Experimentieren systematisch vorgegangen: Er hat zuerst geprüft, wie viele Striche fehlen, wenn er oben, unten oder in der Mitte anfängt, und hat dann da weiter gesucht, wo er am dichtesten an der Lösung war. Das ist naheliegend, man würde es im täglichen Leben auch so machen. Wenn man schon fast am Ziel ist, warum sollte man noch einmal ganz woanders anfangen zu suchen? Eine stichhaltige Begründung für dieses Vorgehen gibt es jedoch nicht, Am Schluss fand er die Lösung auf dem Wege, der zuerst der schlechteste zu sein schien.

Schließlich hat er die Lösung doch gefunden – hauptsächlich weil er nicht aufgegeben hat. Aber Tim hat eines übersehen, deswegen musste er die Experimente immer wieder neu beginnen: Er hat seine Experimente nicht sorgfältig genug dokumentiert, d. h. er hat sich nicht gemerkt oder aufgeschrieben, wie er die Aufgabe gelöst hat. Auch nicht, welche erfolglosen Experimente er vorher gemacht hat.

Dieses Dokumentieren ist anfangs lästig, aber sehr wichtig: Es spart ungeheuer viel Arbeit.

Tim hat dann mit Kai und Petra darüber gesprochen, und sie haben ihre Lösungen ausgetauscht. Das ist ein sehr wichtiger Schritt in der Wissenschaft: Andere prüfen, ob mein Ergebnis stimmt. Dazu müssen sie genau verstehen, was ich gemacht habe, und sie müssen alles genauso nachmachen. Sowohl die Frage bzw. Aufgabe als auch die Experimente und die Ergebnisse bzw. Lösungen müssen deshalb sorgfältig und nachvollziehbar dokumentiert werden.

Beim Experimentieren haben die drei Kindern eine unerwartete Entdeckung gemacht. Bisher waren sie davon ausgegangen, dass es nur eine Lösung gibt. Jetzt haben sie feststellen müssen: Es gibt mehrere. Das passiert häufig in der Wissenschaft und im alltäglichen Leben: Man glaubt irgendetwas, ohne zu wissen warum. Oft merkt man nicht einmal, dass man da etwas glaubt. Und plötzlich zeigt sich: Das stimmt ja gar nicht!

Zum Beispiel haben die Menschen jahrtausendelang geglaubt, die Erde sei eine Scheibe. Es war für alle ganz selbstverständlich, man sieht es doch! Niemand hätte damals gesagt: „Ich glaube, die Erde ist eine Scheibe, aber vielleicht stimmt es gar nicht.“. Doch plötzlich zeigt sich: es stimmt gar nicht.

Leider kommt es dann oft - in der Wissenschaft und im alltäglichen Leben – dazu, dass viele sich gegen die neue Erkenntnis wehren. Die Vertreter des Neuen werden manchmal als Ketzer oder Verführer beschimpft, früher wurden sie sogar manchmal verbrannt.

Es ist also wichtig, dass wir bei allem, was wir sagen und schreiben, immer daran denken: Es könnte auch anders sein. Jetzt glauben wir zwar dies und das, aber wir können uns irren. Vielleicht entdecken *wir morgen etwas ganz Anderes und alles, was wir jetzt glauben, stimmt nicht mehr.*

Das gilt für alle wissenschaftlichen Erkenntnisse, auch für die, die heute gewonnen werden. Ein gutes Beispiel dafür sind die immer wieder neuen Erkenntnisse, was gesund und was ungesund sein soll. Wer seine Lebensweise jedes Mal entsprechend anpassen wollte, hätte viel zu tun! (Das soll aber nicht heißen, dass es egal ist, was und wieviel man isst.

Zurück zu unserem Beispiel: Am Ende des ersten Kapitels haben wir eine klare Frage und eine Antwort, die von mehreren überprüft wurde. Eigentlich ist das Rätsel gelöst, die Forschung könnte hier enden. Der „Forschungsauftrag", den Tim von Oma erhalten hat, ist erledigt. Der Auftraggeber (der oft auch der Geldgeber ist, der also die Forschung bezahlt), kann zufrieden sein. Er hat das gewünschte Ergebnis bekommen. Punkt. Oft – leider immer öfter – ist damit die Forschung beendet, denn auch in der Wissenschaft gilt wie in jedem anderen Beruf: Ohne Moos nix los.Weitere Untersuchungen werden nicht bezahlt oder sind sogar unerwünscht. Die Freiheit der Forschung wird dadurch immer mehr zu einem schönen Traum.

Unsere kleinen Wissenschaftler aber sind mit der ersten Lösung nicht zufrieden. Sie finden gleich zwei Antworten, die beide richtig sind. Das gibt Anlass zu neuen Fragen. die die drei weiter „erforschen" wollen – auch ohne Auftrag von außen. Sie sind eben echte Forscher.

Welche Frage stellten sich die kleinen Forscher jetzt?

Was gibt es noch zu erforschen?

Und hast du schon eine Idee, wie du das erforschen würdest?

Kapitel 2: Fachchinesisch

Es gibt also zwei Lösungswege. Oder vielleicht sogar noch mehr? Petra fängt noch einmal links unten an, diesmal mit einem schrägen Strich. Die anderen beiden sehen gespannt zu. Auch auf diesem Wege kommt Petra zum Ziel. Es gibt also drei Lösungen – oder vielleicht sogar noch mehr?

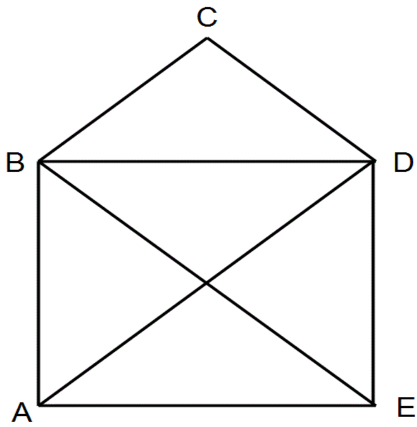
Sie holen Papier und Stifte, suchen nach anderen Möglichkeiten und finden auch immer wieder neue. Bald aber sagt Petra zu einer Lösung, die Tim gerade gefunden hatte: „Die hatten wir schon.“, während Tim meint, eine neue gefunden zu haben. Petra erinnert sich ganz genau, dass Tims neue Lösung nicht neu ist, weil sie sie schon vor ein paar Minuten gefunden hatte. Tim bleibt dabei: Petras Lösung war anders als seine neue.

Wie können sie das entscheiden? Den fertigen Häusern sieht man nicht mehr an, wie sie gezeichnet wurden. Die Kinder brauchen eine Methode, wie sie festhalten können, was sie schon gemacht haben. Sie müssen es irgendwie aufschreiben. Aber wie?

Tim schlägt vor, es so aufzuschreiben: „Ich fange links unten an, gehe gerade nach oben, dann hoch zum Dach und weiter nach links, von da gerade nach unten und dann nach links, dann bin ich wieder am Anfangspunkt. Dann ...“

„Das ist viel zu kompliziert!“ unterbricht ihn Kai. „Wenn wir immer 'oben links' und 'unten rechts' schreiben müssen, dann tun uns bald die Finger weh. Wir sollten den Ecken einfach Nummern oder Namen geben.“

Sie einigen sich auf Buchstaben. Das Haus sieht dann so aus:



Jede Ecke hat einen Namen

„Dann brauchen wir nur noch hinzuschreiben: ABDEA usw. - und schon wissen wir genau, was gemeint ist.“ fährt Petra fort. „Mit dieser Buchstabenfolge ist nämlich das Quadrat gemeint: Von A aufwärts zum Punkt B, dann nach rechts zum Punkt D, dann runter nach E und zurück nach A.“

Das finden alle eine gute Idee. Mit dieser Methode kann jede Lösung ganz eindeutig beschrieben werden. Tim kann jetzt ganz leicht nachvollziehen, wie Petra ein Haus gezeichnet hat, auch wenn er ihr nicht zugesehen hat. Und wenn man alle Lösungen aufschreibt, dann kann man feststellen, ob eine zweimal auftaucht.

So machen sie es jetzt. Sie schreiben also noch ein paar Blätter voll mit solchen Buchstabenfolgen.
„Komische Wörter sind das“, findet Petra.
„Wir können sie ja 'Lösungswörter' nennen“, schlägt Kai vor. „Eine Lösung nennen wir dann die fertige Zeichnung, und das Lösungswort

sagt uns, wie wir die Zeichnung gemacht haben.“
Damit sind alle einverstanden. Tim sammelt die Blätter ein, und sie hören erst einmal auf zu forschen. Für heute reicht es.

Schreib nun einmal die Wörter für deine vergeblichen und erfolgreichen Versuche auf. Welche Lösungswörter hast du gefundenen?

Später, nachdem Kai und Petra wieder nach Hause gegangen sind, sieht Opa diese Zettel.
„Was ist das denn für eine Geheimschrift?“ fragt er. Auch Oma versteht nicht, was diese seltsamen Wörter bedeuten sollen.
Tim versucht es ihnen zu erklären. Oma sagt: „Das ist mir zu schwierig, davon verstehe ich nichts.“, aber Opa hört zu und kann bald die Buchstabenfolgen „lesen“ und nachzeichnen.

„Ganz schön schlau!“ sagt er. „Und habt ihr jetzt alle Lösungen gefunden?“
Auf jeden Fall viel mehr als erwartet, schon über zwanzig. Aber Opa findet noch eine, und dann noch eine. Und Tim findet auch noch eine. Am Ende sind es 37 Lösungen. Ob das nun alle sind?

Ehe wir wieder wissenschaftlich werden, sieh dir noch einmal die Zettel mit deinen ersten Lösungsversuchen an. Hast du sie aufgehoben?
Und prüfe noch einmal, ob du diese Versuche wirklich zu Recht abgebrochen hast.
Wenn du im Punkt A oder im Punkt E angefangen hast und nicht zum Ziel gekommen bist, dann hast du sehr wahrscheinlich zu früh aufgehört.
Wenn wir dieses Spiel mit Kindern spielen, erleben wir immer wieder, dass sie viel zu schnell aufgeben. Sie könnten die Linie noch weiter

ziehen, aber aus irgendeinem Grunde hören sie auf und sagen: „So geht es nicht.“
Erwachsene tun das übrigens auch, vielleicht sogar noch öfter als Kinder. Hast du es auch getan?
Warum?
Gibst du sonst in deinem Leben auch öfter mal zu früh auf?

Lass uns nun wieder schauen, wie Wissenschaftler arbeiten (übrigens geben auch sie oft zu früh auf!). Wir hatten schon im ersten Kapitel gesehen: Dass man die Experimente und ihre Ergebnisse klar und eindeutig beschreiben bzw. dokumentieren kann, ist ganz wesentlich für die Wissenschaft. Damit kann jeder, der diese „Sprache“ lernt, die Ergebnisse nachvollziehen und überprüfen. Für die, die sich diese Mühe nicht machen wollen, bleibt es oft „Fachchinesisch“. Aber für die Wissenschaftler ist so eine Sprache sehr nützlich.

Allerdings hat man oft den Eindruck, dass das Fachchinesisch gerade deswegen benutzt wird, weil viele es nicht verstehen. Diejenigen, die es benutzen, können dann den anderen leicht sagen: “ Ihr versteht sowieso nichts davon, ihr müsst uns einfach glauben.“

Besonders deutlich erleben wir so etwas leider da, wo die meisten von uns am ehesten mit Wissenschaft in Berührung kommen: in der Medizin. Wenn Mediziner z. B. von einer Fraktur der oberen Extremität reden, welcher Laie weiß dann schon, dass sie damit einen gebrochenen Arm meinen?

*Es ist nicht leicht zu unterscheiden, wo die Fachsprache wichtig ist und wo sie vor allem dazu dient, Experten von Laien zu unterscheiden. Ein gesundes Maß Misstrauen ist immer angebracht. Wenn „Expert*innen“ nicht in der Lage oder nicht bereit sind, ihre Arbeit einem Laien zu erklären, dann sollte man erst recht misstrauisch sein: Wissen sie wirklich, was sie da reden?*

Kapitel 3: Geht es auch anders? Systematisch Suchen

Dieses Kapitel ist ziemlich langweilig, deswegen machen Kai und Petra bald nicht mehr mit. Und du musst dieses Kapitel auch nicht lesen – wirklich nicht!Hier wird eine Such-Methode beschrieben, die immer dann nützlich ist, wenn man in einer auf den ersten Blick unordentlichen Menge von Elementen oder Möglichkeiten sicher sein will, dass man alle berücksichtigt hat.

Wenn dir diese Methode zu langweilig ist, kannst du jederzeit abbrechen und zu Kapitel 4 springen. Die Methode wird zwar später noch mehrfach erwähnt, trotzdem kannst du alles Folgende verstehen, ohne die Methode zu kennen. Kai und Petra schaffen das auch. Lass dich also bitte nicht einschüchtern oder abschrecken!

Am nächsten Tag sehen sich Tim, Kai und Petra die lange Liste der Lösungswörter an.
„Die fangen alle mit A an“, bemerkt Petra.
„Stimmt, und sie hören alle mit E auf“, ergänzt Kai.
„Und jeder Buchstabe kommt zweimal vor“, sagt Tim.
Aber Petra ist nicht einverstanden: „C kommt nur einmal vor – in allen Wörtern.“
Das muss ja auch so sein: C liegt auf jedem Weg nur einmal, alle anderen zweimal.

„Ob man wohl auch anderswo anfangen kann?“
Na klar! Wenn es mit dem Anfangspunkt A schon 37 Lösungen gibt, wie viele wird es dann wohl geben, wenn man an einer anderen Ecke anfängt?

Sie versuchen es alle drei, zuerst bei C. Aber niemand hat Erfolg.
„Sind wir zu doof oder geht es wirklich nicht?“ fragt Kai nach einer Weile.
„Ich glaube, es geht wirklich nicht, wir haben doch *sooo* viel ausprobiert!“ meint Petra.
„Aber haben wir *alles* ausprobiert?“ fragt Tim „Vielleicht haben wir ja einen Weg übersehen, und vielleicht ist das gerade die Lösung!“
Zu dumm, dass sie nicht alle Versuche aufgeschrieben haben. Also müssen sie wohl oder übel noch einmal anfangen und diesmal alle vergeblichen Versuche aufschreiben. Von Mal zu Mal wird es schwieriger zu prüfen, ob sie diesen Versuch schon gemacht haben. Schließlich geben sie auf: Nichts gefunden.

„Und jetzt? Wissen wir jetzt, ob wir alles abgesucht haben?“ fragt Tim immer noch.
„Wenn du noch etwas Neues weißt, dann sag es doch!“ sagt Kai ungeduldig. Er hat keine Lust mehr zu suchen.
„Jetzt kann ich auch nicht mehr, vielleicht fällt mir später noch etwas ein“, sagt Tim.
Sie hören erst einmal auf und spielen etwa ganz Anderes.

Aber Tim denkt auch zu Hause noch darüber nach: Haben wir alles ausprobiert?
Beim Abendessen erzählt er den Großeltern:
„Wenn wir unten anfangen, gibt es so viele Lösungen. Dann haben wir probiert, ob man auch oben anfangen kann, aber da haben wir bisher nichts gefunden. Das macht mich ganz verrückt. Ob es da wirklich nichts gibt? Geht es wirklich nur, wenn man unten anfängt?“

„Klar“, sagt Oma., „Ein Haus fängt man unten an zu bauen. Oder hast du schon mal gesehen, dass jemand mit dem Dach anfängt?“
Oma hält nichts davon, beim Abendessen über solche komischen Fragen nachzudenken.

Opa findet, dass Oma wahrscheinlich Recht hat. Er würde jedenfalls auch unten anfangen, wenn er ein Haus bauen wollte.
Und schließlich stimmt Tim zu: Oben anfangen – wie soll das gehen?

Das Rätsel ist also gelöst: Sie haben eine Fülle von Lösungen gefunden, die alle unten links anfangen und unten rechts aufhören. Sie haben keine Lösungen gefunden, die anderswo anfangen, und sie glauben auch zu wissen, warum das so sein muss: Ein Haus fängt man unten an zu bauen. Na klar!

Tim ist sehr zufrieden, in dieser Nacht schläft er, ohne ein einziges Mal in Gedanken Striche zu ziehen. Am nächsten Morgen freut sich die Oma, dass Tim endlich einmal nicht gleich vom Nikolaus und seinem Haus erzählt, sondern davon, was er heute draußen machen will: mit Kai und Petra zu den Ponies, vielleicht sogar mal zum See radeln und baden – wenn das Wetter so bleibt wie heute früh.

Es bleibt so, es wird ein herrlicher Tag, sie radeln zum See. Trotz des schönen Wetters muss Tim seine Erkenntnis noch loswerden: „Es ist doch ganz klar, dass man unten anfangen muss: Ein Haus baut man schließlich von unten auf.“
Die anderen reagieren kaum, bei so einem Wetter interessieren sie sich nicht für den Nikolaus und seine Häuser.

Am nächsten Morgen kommt Tante Grit zu Besuch. Sie ist Architektin und muss heute auf eine Baustelle in der Nähe, will nur mal kurz sehen, wie es ihrer Mutter geht. Aber Oma sagt, ohne ein bisschen Frühstück komme sie nicht aus dem Hause. Sie sei doch schon sooo lange nicht mehr da gewesen.

Sie plaudern eine Weile, schließlich wendet sich Tante Grit an Tim: „Und wie geht‘s dir bei Oma und Opa? Ist dir nicht langweilig?“
Tim erzählt von den Ponies, vom See und auch von dem Rätsel und

wie sie es gelöst haben. Er denkt: Tante Grit ist Architektin, sie versteht bestimmt etwas vom Häuserbauen. Also fragt er sie, ob sie das Rätsel kennt und die Lösung weiß.

Das Rätsel kennt sie, die Lösung weiß sie nicht. Tim legt ein Blatt Papier und einen Stift auf den Tisch. Die Tante versucht es ein paar Mal, fängt – wie Tim am ersten Abend – oben an und findet keine Lösung.

Eigentlich hat die Tante keine Zeit, sich damit zu beschäftigen, sie muss zu ihrer Baustelle, da wird ein richtiges Haus gebaut. Sie sagt deshalb schon nach knapp zwei Minuten: „Wie geht es denn?“

Tim nimmt den Stift, setzt ihn aufs Papier und zeichnet einen Strich gerade nach oben.
„Du musst unten anfangen“ sagt er, und während er weiter zeichnet, fügt er hinzu: „Du bist doch Architektin, da weißt du doch, dass man beim Häuserbauen unten anfangen muss.“

Das klingt fast so. als würde er die Tante für dumm halten. Sie widerspricht etwas verärgert:
„Beim Bauen stimmt das, da muss man unten anfangen. aber beim Zeichnen kann ich anfangen, wo ich will.“

Tim ist verunsichert. Was meint sie damit?
Er zeichnet aber weiter und schafft es. Unten rechts – im Punkt E – hört er auf und alle Striche sind einmal gezeichnet.
„Siehst du, so geht es“, sagt er.

Tante Grit bleibt bei ihrem Einwand und fügt noch hinzu:
„Du hast unten aufgehört zu zeichnen. Hört man beim Bauen auch unten auf?“

Darauf weiß Tim keine Antwort. Zum Glück kommt ihm die Oma zu Hilfe: „Klar, am Ende gehen alle Arbeiter unten aus dem Haus heraus.“

Tim ist erleichtert, Tante Grit jedoch findet das nicht überzeugend. „Beim Zeichnen kann man auch anderswo anfangen“, wiederholt sie. „Aber ich muss jetzt los.“
Sie nimmt noch ganz schnell die Oma in den Arm, gibt den anderen beiden die Hand und geht zur Tür.
„Das war aber ein kurzer Besuch!“ protestiert die Oma.
„Vielleicht kann ich heute Abend noch einmal vorbeikommen, dann habe ich etwas mehr Zeit.“
Und weg ist sie.

Was nun? Hat Oma doch nicht Recht gehabt? Stimmt ihre schöne Lösung etwa nicht? Haben sie doch etwas übersehen? Muss er etwa noch weiter suchen?

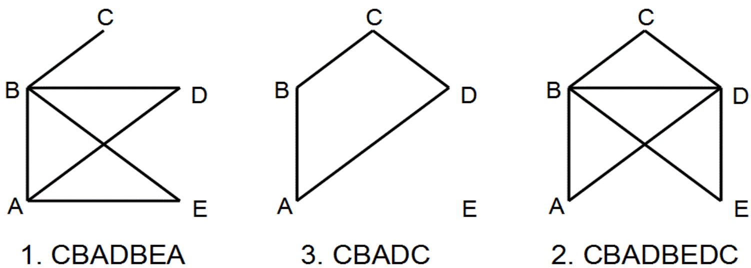
Bitte denk daran: Du musst das hier nicht lesen oder verstehen. Du kannst einfach mit Kapitel 4 weiter machen!

Er fragt den Opa. Der lässt sich die Liste der vergeblichen Versuche zeigen. 14 Versuche sind es.
„Da wart ihr ja richtig fleißig!“sagt er. „Aber ob vielleicht doch noch einer fehlt, das können wir nicht wissen.“
„Gibt es denn keine Möglichkeit, das herauszufinden?“ fragt Tim ganz unglücklich.
„Wir müssten alles durchsuchen und hinter jeder Ecke nachsehen“ meint Opa. „Nur wie macht man das?“
„Ihr müsstet erst einmal eine Ordnung in das ganze Durcheinander bringen“ schlägt Oma vor. Sie ist immer fürs Aufräumen.
Natürlich stimmt Opa ihr zu. Er hat gleich eine Idee für eine Ordnung:

„Wir sortieren die Wörter alphabetisch, so wie sie im Wörterbuch stehen würden.“
Sie beginnen, die lange Liste zu durchsuchen. Das erste Wort, das sie finden, ist CBADBEA. Als nächstes finden sie CBADC.

„Dazwischen fehlt noch eine Möglichkeit“, bemerkt Tim. „Man kann auch erst dasselbe machen wie beim ersten Wort, aber ganz am Schluss doch noch anders gehen, nämlich statt CBADBE und dann A könnten wir CBADBE und dann DC wählen. Aber zum Ziel kommen wir damit auch nicht.“

Die ersten „Wörter“ in alphabetischer Ordnung



„Aber immerhin haben wir bemerkt, dass eure Liste noch nicht vollständig ist“, tröstet Opa, „Und wir wissen jetzt, wie man es machen muss: Man muss jedes Wort genau ansehen und bei jedem Buchstaben prüfen, ob da auch ein anderer stehen könnte. Und zwar von hinten angefangen bis man ganz vorn beim ersten angekommen ist.“
„Meinst du, wir müssen erst prüfen, wie man vom E aus weiter gehen kann, und wenn wir da alles untersucht haben, dann einen Buchstaben zurück, also beim B dasselbe noch einmal? Und so immer weiter zurück bis zum ersten Buchstaben?“
„Ich glaube, anders geht es nicht.

„Puh“ stöhnt Tim. „Das ist aber ganz schön langweilig!“
„Es ist nur halb so schlimm wie es aussieht“ erwidert Opa. „Wenn wir nur wissen wollen, ob man bei C anfangen kann, dann brauchen wir nur die Wörter zu untersuchen, die mit CB anfangen. Wenn es da nichts gibt, dann gibt es auch bei den Wörtern mit CD nichts, das sind ja alles dieselben Wege, nur anders herum, spiegelverkehrt.“

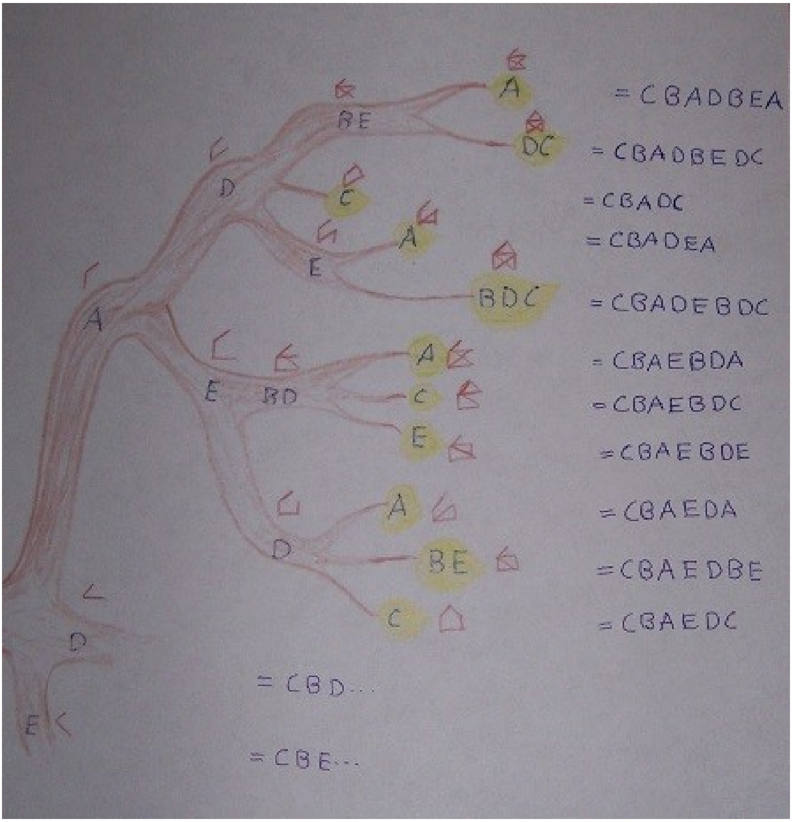
Tim kriegt wieder Mut und macht weiter. Sie sortieren also alle Wörter, die die Kinder gestern gefunden hatten. Sie finden noch ein paar neue Wörter, aber keine Lösung. Schließlich haben sie alles abgegrast.
Puh! Das war wirklich mühsam!

„Das ist so, als würde man einen Baum absuchen, ob irgendwo Früchte hängen“, findet Tim. Man klettert erst an einem Ast bis ganz oben, guckt jeden Zweig an, und dann klettert man ein Stück runter. Bei der nächsten Astgabel klettert man einen anderen Ast wieder ganz noch oben, dann wieder runter und so weiter, bis der ganze Baum durch ist und man wieder unten ankommt.“

Opa versteht nicht, was Tim meint. Also malt Tim einen Baum und schreibt die Buchstaben an die Äste und Zweige.
„Wir klettern zuerst den Stamm hinauf, das ist der Strich CB. Von da gehen drei Hauptäste weiter: einer nach A, einer nach D, einer nach E. Wir klettern zuerst den A-Ast hinauf und kommen zur nächsten Gabelung: nach D oder nach E. Wir steigen erst nach D und so weiter, bis es nicht mehr höher geht. Dann eine Stufe wieder runter und den nächsten Zweig hinauf.“

Tim zeichnet den A-Ast und an jede Gabelung und jedes Blatt in roter Farbe noch die Teile des Hauses, die bis dahin schon „gebaut“ wurden. Sein Bild sieht so aus:

K



Kannst du den D-Ast – die Wörter, die mit CBD, anfangen - malen?

Probier es einmal! Er ist viel kleiner als der A-Ast.

Jetzt versteht Opa, warum Tim sagt, das Ganze sei so, als wolle man einen Baum durchsuchen.
Sie prüfen alles noch einmal. Nichts übersehen? Nein.
„Es geht wirklich nicht!“ stellt Tim schließlich erschöpft fest.
Nun wissen sie genau: Auch ein Genie kann keine Lösung finden. Jedenfalls nicht, wenn man im Punkt C anfängt.

Das muss er am Nachmittag den anderen zeigen. Die staunen nicht schlecht, was Tim da geleistet hat. „Wie lange hast du denn dafür gebraucht?“ will Kai wissen. Genau weiß Tim es nicht, aber sicher mehr als eine Stunde.

Dann erzählt er den beiden, was die Oma meint und was Tante Grit meint.
„Muss man nun unten anfangen oder nicht?“ will Petra wissen.
„Keine Ahnung!“ antwortet Tim. „Bisher haben wir herausgefunden, dass man nicht bei C anfangen kann. Aber wie es bei B oder D ist, das wissen wir nicht.“

„Und wenn wir das jetzt wissen wollen, müssen wir dann das Ganze noch einmal machen?“ fragt Petra. „Das mache ich nicht!“

„Ich glaube, mit B muss es gehen.“ Kai denkt laut nach. „Von C aus kann man in zwei Richtungen gehen, aber eigentlich nur in eine, weil es egal ist, ob man links oder rechts runter geht. Von A aus kann man in drei Richtungen gehen, und da gab es viele Lösungen. Von B aus kann man sogar in vier Richtungen gehen, da ist bestimmt eine dabei, mit der es klappt.“

Petra hat trotzdem keine Lust: „Ich gehe lieber zu den Ponies.“

Kai und Tim beschließen, die Suche aufzuteilen: Kai sucht alle Wege, die von B aus nach A oder C führen, Tim die mit den

Anfangsbuchstaben BD und BE. Kai ist zuerst fertig: Nichts gefunden. Kurz darauf kommt Tim zum selben Ergebnis: Es geht nicht.

Irgendwie ist Tim ganz zufrieden damit. „Also muss man doch unten anfangen.“
Tante Grit hat ihn unnötig durcheinander gebracht. Häuser fängt man unten an zu bauen, die Oma hatte doch Recht.

Wieder einmal ist das Rätsel gelöst. Trotzdem nimmt Tim die Zettel mit all den „Wörtern“ mit. Wer weiß, vielleicht kann er sie noch einmal brauchen?
„Heute bestimmt nicht mehr“, denkt er.

Tim und Opa haben eine Methode gefunden, wie man systematisch sucht. Das nennt man “Suchen in Bäumen“ (englisch: „backtracking“), denn man kann sich die ganzen Wörter als die Blätter eines Baumes vorstellen. Die Wurzel wäre der Punkt C, der Stamm der Strich CB, von da verzweigt sich der Baum in drei große Äste, nämlich CBA, CBD und CBE. Jeder dieser großen Äste teilt sich weiter auf in kleinere Äste, z.B. CBAD, CBAE und diese wieder in mehrere Zweige usw., bis man schließlich bei den Blättern ankommt und es nicht mehr weiter geht.
Im ersten Ast unseres Beispiels (CBAD) käme zunächst der Zweig CBADBE, das erste Blatt daran wäre das Wort CBADBE-A.
Dann kommt aber nicht das zweite Blatt, sondern noch einmal ein Stück Zweig und dann erst ein Blatt: CBADBE-D-C.
Damit ist der Zweig CBADBE fertig abgesucht, weitere Zweige oder Blätter gibt es an diesem Zweig nicht.
Woher weiß ich das? Weil ich an jeder möglichen Zweigstelle, d. h. an jedem Buchstaben prüfe, welche Verzweigungen es dort gibt.

Anders ausgedrückt: An jeder Ecke auf meinem Weg durch das Haus habe ich geprüft: Welche Möglichkeiten habe ich dort? Ich habe alle Möglichkeiten vollständig untersucht und dabei keine Lösung gefunden. Also gibt es keine Lösung – an diesem Zweig jedenfalls nicht.
Nun steige ich den Baum hinab bis zur nächsten Verzweigung: „Unterhalb“ von CBADBE kommt CBADB. Hier gibt es aber keine Verzweigung, keine andere Fortsetzung als die, die ich gerade abgesucht habe. Der Zweig CBADB ist also schon vollständig durchsucht.
Nun geht man an diesem Zweig entlang „abwärts“ zur nächsten Verzweigung: CBAD. Hier entspringen drei Zweige, von denen wir einen (nämlich CBADB) schon abgesucht haben. Die anderen beiden sind CBADC und CBADE. Beide muss ich wieder vollständig absuchen.
Dann wieder eine Ebene hinab zu CBA. Hier gibt es die Fortsetzungen CBAD (schon abgesucht) und CBAE. Dieser Zweig wäre als nächster dran. Dabei muss ich ggf. wieder mehrmals ab- und aufwärts steigen, denn z. B. in CBAED gibt es noch einmal eine Verzweigung: CBAEDB und CBAEDC.
So geht es weiter, ständig auf und ab und ggf. wieder aufwärts, bis alle Äste des Stamms CB durchsucht sind.

Jeder Ast kann eine andere Länge haben – wie es in wirklichen Bäumen ja auch der Fall ist.
Wenn man auf diese streng geregelte Art alle Äste und Zweige abgesucht und nichts gefunden hat, dann weiß man, dass keine „Früchte“ am Baum hängen. Ein mühseliges, aber sicheres Verfahren. Manchmal gibt es kein besseres.

Leider weiß man bei dieser Suche nie, wie weit man vom Ziel entfernt ist. Jeder nächste Schritt kann schon zu einem Blatt führen und jedes Blatt – selbst das erste schon – kann das gesuchte sein. Es gibt *keinen Maßstab für die Entfernung von der Lösung, es gibt keinen besonders schnellen Weg dorthin, keine besonders schlaue Strategie, ich muss einfach alles durchsuchen. Ganz stumpf – die richtige Aufgabe für einen Computer. Dafür gibt es spezielle Computerprogramme.*

Dieses Verfahren ist nur dann anwendbar, wenn man es mit einer Menge von Möglichkeiten zu tun hat, die alle wohl voneinander unterschieden sind. In unserem Beispiel: An jeder Ecke gibt es eine begrenzte Zahl genau bekannte Möglichkeiten, weiter zu gehen. Es gibt andere Untersuchungen, bei denen das nicht so ist: Wenn ich z. B. die optimale Temperatur für irgendeinen Prozess suche, dann gibt es nicht nur die Auswahl: 10 Grad, 20 Grad, 30 Grad usw., sondern es gibt dazwischen noch unendlich viele andere Temperaturen: 13 Grad, 27,86 Grad, 28,99999997755.... Grad.

Weil dieses Verfahren "Suchen in Bäumen" nicht überall anwendbar ist, ist es auch sehr oft unmöglich zu sagen: Es gibt keine Lösung. Oder: Es gibt keine Nebenwirkungen. Leider wird es oft trotzdem gesagt, auch von Wissenschaftlern. Dann ist ein gesundes Misstrauen angebracht. Denn wer sagt: „Das geht nicht, das gibt es nicht", der sollte oft lieber sagen: „Bisher haben wir noch nichts gefunden."

Ein Beispiel: Der seinerzeit bekannte Arzt Robert Mayer (1814 – 1878) wurde einmal gebeten zu untersuchen, ob die vielen Krankheiten, die unter den Bergbau-Arbeitern im Erzgebirge auftraten, etwas damit zu tun haben könnten, dass sie mit Pechblende in Berührung kamen. Er untersuchte sie mit allen damals bekannten Verfahren und sagte schließlich "Es gibt keinen Zusammenhang." Heute wissen wir, dass es sehr wohl einen gibt, denn heute ist uns radioaktive Strahlung bekannt, Robert Mayer aber wusste noch nichts davon, dass es diese Strahlung überhaupt gibt. Er konnte daher auch nicht feststellen, dass die Bergbau-Arbeiter beim Abbau *der Pechblende ständig radioaktiver Strahlung ausgesetzt waren.*

Ähnlich vorsichtig sollten wir also sein, wenn uns erzählt wird, dass die Strahlung von Handys usw. unschädlich sei. Korrekt wäre zu sagen: Wir können bisher keine eindeutigen Wirkungen feststellen. Die nächste Frage ist dann allerdings: Wird überhaupt ernsthaft nach solchen Zusammenhängen gesucht? Oder gilt hier: Solange wir nicht suchen, finden wir nichts, also gibt es nichts.

Dies führt unmittelbar auf die Frage: Welchen Interessen dient die Forschung? Die Antwort darauf ist nicht schwer, wenn man sich vor Augen führt, wie teuer sie mittlerweile geworden ist, und dass immer mehr Forschung von privaten Unternehmen bezahlt wird. Die Forscher befinden sich daher oft in einem Zwiespalt: Auf der einen Seite möchten sie die Wahrheit finden, auf der anderen Seite müssen sie Geld verdienen. Mal ehrlich: Für welche Seite würdest du dich entscheiden?

Kapitel 4: Ganz etwas Anderes

Am späten Nachmittag ruft Tante Grit an: Sie kommt tatsächlich noch einmal vorbei, sie hat sogar Zeit, zum Abendessen zu bleiben. Oma freut sich.
„Dass ihr mir aber nicht wieder die ganze Zeit über euer Rätsel palavert!“ ermahnt sie Opa und Tim. „Ich will auch ein bisschen was von meiner Tochter haben.“
Die beiden versprechen ihr, damit gar nicht erst anzufangen.

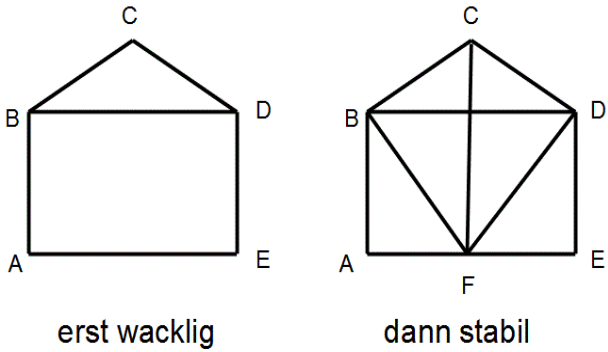
Aber die Tante fängt selber damit an.
„Du hast heute morgen so enttäuscht ausgesehen“, wendet sie sich an Tim. „Da dachte ich, ich muss doch noch mal überlegen, ob man wirklich unten anfangen muss.“
„Beim Abendessen reden wir nicht darüber!“ unterbricht Oma.
„Nur ganz kurz, fünf Minuten noch“, erwidert Tante Grit. Sie zieht einen Zettel aus der Tasche und einen Stift und zeichnet ein ganz einfaches Haus, und das fängt sie oben an. In unserem Fachchinesisch wäre ihre Lösung CBADEC. Das Haus besteht zwar nur aus den Umrissen, ist aber ein Haus.

„Dieses Haus gilt nicht, es würde beim ersten Windstoß umfallen“, wendet Opa ein. Er möchte die Lösung, die sie gefunden haben, verteidigen.

Tante Grit lässt sich nicht beirren:
„Da hast du Recht“, sagt sie. „Das kann ruhig noch etwas stabiler werden.“
Sie setzt den Stift noch einmal aufs Papier, oben auf Punkt C, wo sie gerade aufgehört hat, und zeichnet weiter: Senkrecht nach unten in die Mitte des waagerechten Strichs von A nach E, von da nach B,

nach D und zurück zum neuen Punkt unten in der Mitte.
„Auch in einem Strich gezeichnet, und mindestens so stabil wie euer Haus. Und ich habe ganz oben angefangen. Und jetzt guten Appetit!"
Tim ist der Appetit vergangen und Oma ärgert sich:
„Ich hab´s euch doch gesagt: Fangt nicht wieder damit an! Der Junge wird noch ganz krank von diesem Rätsel. Hätte ich ihm das bloß nie gezeigt!"
Tante Grit versucht zu beruhigen:
„Tim, wir schauen uns das nachher noch einmal in Ruhe an. Wir kriegen das schon hin!"
Na gut, ein bisschen kann Tim nun doch essen. Oma ist zufrieden.

Tante Grits Häuser



Nach dem Essen sehen sie sich zu dritt noch einmal alle Zettel an.
„Was habt ihr denn bisher herausgefunden?" fragt die Tante.
Tim erzählt: „Wenn wir unten im Punkt A anfangen, gibt es ganz viele Lösungen, mehr als dreißig. Und alle hören unten wieder auf, im Punkt E. Aber wenn wir anderswo anfangen, finden wir keine Lösung. Wir haben alles ganz systematisch durchsucht und dachten: Es kann gar keine geben, sonst hätten wir sie finden müssen. Und

jetzt kommst du und findest doch eine."

„Ich habe aber ein ganz anderes Haus gezeichnet" wendet Tante Grit ein. „Bei meinem Haus kann ich oben anfangen. Ob es bei eurem Haus auch geht, das weiß ich nicht. Wahrscheinlich geht es da wirklich nicht."

Sie prüfen noch einmal, was Tim und Kai gemacht haben, und finden: Da fehlt nichts.
„Ihr habt Recht", stellt Tante Grit am Ende fest. „Bei diesem Haus muss man wirklich unten anfangen."

Ist das Rätsel nun gelöst?
Ja, die Forscher haben viele Möglichkeiten gefunden, wie man das Haus zeichnen kann. Sie haben ferner gefunden, dass es nur geht, wenn man unten anfängt. An allen anderen Punkten kann man nicht anfangen, auch ein Genie fände dort keinen Weg. Und schließlich haben sie gesehen: Die These: „Man muss unten anfangen" gilt nicht für alle Häuser. Aber für das Haus vom Nikolaus gilt sie, und nur um dieses Haus ging es in dem Rätsel.

Eine ganz typische Situation im wissenschaftlichen Arbeiten: Jemand stellt eine Behauptung bzw. eine „These" oder „Hypothese" auf, die allgemein gültig sein soll. Ein anderer bezweifelt diese These. In dieser Situation nutzt es dem ersten nichts, wenn er immer mehr Beispiele dafür findet, dass seine Behauptung zutrifft. Das würde ihm nur dann etwas nützen, wenn er beweisen könnte, dass er <u>alle</u> denkbaren Beispiele untersucht hat. Denn ein einziges Gegenbeispiel reicht schon aus, um zu zeigen: Diese These gilt nicht allgemein. Sie mag in 99% der Fälle gelten, aber nicht in 100%. Der oft zitierte Satz: „Ausnahmen bestätigen die Regel" gilt in den 'exakten'

Wissenschaften nicht.

Tim und Opa haben eine These aufgestellt: Wenn man ein Haus ohne Unterbrechung so zeichnen will, dass kein Strich doppelt gezeichnet wird, dann muss man unten anfangen. Um diese These zu beweisen, haben sie alle möglichen Wege durch das Haus vom Nikolaus untersucht und gefunden, dass man nur dann zum Ziel kommt, wenn man unten anfängt. Alle anderen Möglichkeiten führen nicht zum Ziel.

Sie haben also zweifelsfrei bewiesen: Man muss unten anfangen, es gibt keine andere Möglichkeit, es gibt keine Ausnahme, kein Gegenbeispiel. Trotzdem findet Tante Grit ein Gegenbeispiel, sogar zwei. Wie kann das sein?

Die Auflösung dieses Widerspruchs ist in unserem Falle ganz leicht. Tim und Opa haben vergessen, dass sie nur das Haus vom Nikolaus untersucht haben. Für dieses Haus ist ihre These richtig. Aber sie gilt nicht für alle Häuser. Deswegen kann Tante Grit mit anderen Häusern schnell Gegenbeispiele finden.

Eine ganz wichtige Frage bei allen wissenschaftlichen Ergebnissen ist also die: Unter welchen Voraussetzungen gelten sie? So gilt zum Beispiel die Behauptung: „Wasser beginnt bei 100 Grad zu kochen" nur dann, wenn ein bestimmter Luftdruck gegeben ist. Auf dem Mount Everest kocht es schon früher. Ein anderes Beispiel: Folgt man der Relativitätstheorie, so sieht man: Sogar unsere „selbstverständliche" Annahme, dass die Zeit überall und für alle Dinge gleich schnell voranschreitet, gilt eben nicht überall und für alles.

Das Ergebnis der langen Suche ist also: Wer das Haus vom Nikolaus nach den gegebenen Regeln zeichnen will, muss unten anfangen. Die

Gegenbeispiele von Tante Grit zeigen aber: Bei anderen Häusern muss man nicht unbedingt unten anfangen.

Vorschlag: Finde selber ein paar Häuser, die du mit einem Strich zeichnen kannst, der nicht unten anfängt.
Lass einfach einen Strich weg oder füge noch einen hinzu – es muss ja nicht besonders schön aussehen!

Probier einfach etwas aus und schau, was du findest.

Kapitel 5: Vom Wie zum Warum

In dieser Nacht kann Tim wieder ruhig schlafen. Wieder hat er das gute Gefühl: Das Rätsel ist gelöst. Am nächsten Morgen erzählt er Kai und Petra, was sie herausgefunden haben: Beim Haus vom Nikolaus muss man tatsächlich unten anfangen, aber es gibt auch Häuser, bei denen man anderswo anfangen kann.
„Wollt ihr eins sehen?“ fragt er.
Mäßig interessiert nickt Kai, Petra will nicht. Tim hat vorsichtshalber die Zeichnung von Tante Grit mitgenommen und zeigt sie.
„Und warum geht es da und beim Haus vom Nikolaus geht es nicht?“ fragt Petra
Ja, warum? Darauf weiß Tim keine Antwort. Aber Petra hat Recht: Irgendeinen Grund muss es doch geben!

Tim hat keine Idee, wie er das herausfinden kann. Petra und Kai wollen sich damit nicht mehr beschäftigen, also muss er den Opa um Hilfe bitten.

Auch Opa hat keine Idee. Sie sehen sich die vielen Wörter noch einmal an, vielleicht fällt ihnen dabei etwas auf? Zuerst die, die mit A anfangen, also die richtigen Lösungen. Sie hören alle mit E auf, jeder Buchstabe bis auf C kommt zweimal vor.

Dann sehen sie sich die an, die mit C anfangen. Keines davon ist eine richtige Lösung. Was unterscheidet diese „Wörter“ von den „Lösungswörtern“?
„In einigen kommt C zweimal vor“, bemerkt Tim, „in den Lösungswörtern nur einmal.“

„Ob das wohl der Grund ist?“ fragt Opa
Tim überlegt: „Das kann sein. C hat zwei Verbindungen, eine zu B, eine zu D. In den Lösungswörtern kommt C irgendwo in der Mitte vor. Da gibt es einen Strich von B nach C und einen von C nach D, oder umgekehrt. Jedenfalls sind mit einem Durchgang beide Linien verbraucht.“

„Moment mal!“ unterbricht Opa. „Linien, Verbindungen, Striche, Durchgänge – ich glaube du musst mir erst einmal erklären, was du damit meinst.“
Tim versteht nicht, was daran so schwierig sein soll. Opa erklärt es ihm:
„Wir haben ganz am Anfang gesagt: Alle Linien sollen in einem Strich gezogen werden. Jetzt sagst du, bei einem Durchgang durch C werden zwei Striche verbraucht. Was ist denn nun ein Strich: Eine Verbindung von einem Punkt zum nächsten oder eine Linie vom Anfangspunkt über mehrere andere Punkte bis zum Endpunkt?“
„Ach, das meinst du!“ Tim ist erleichtert. „Das ist doch ganz einfach!“
„Für *dich* vielleicht“, entgegnet Opa. „Aber ich möchte gern genau verstehen, was du meinst. Deswegen schlage ich vor, dass wir uns einigen, was wir mit dem Wort 'Strich' meinen.“
Tim ist einverstanden.
„Ich schlage vor, dass wir eine direkte Verbindung von einem Punkt zu einem benachbarten Punkt als einen Strich bezeichnen oder als eine Verbindung“, sagt Opa. „Und wenn mehrere Striche aneinander hängen, dann nennen wir das einen Weg.“
„Gut“, antwortet Tim. „Ein Strich ist also ein Wort mit zwei Buchstaben, ein Weg ist eines mit mehr als zwei Buchstaben.“
„Genau. Mit 'Durchgang' meinst du dann wohl ein Stück eines Weges, nämlich zwei Striche und den Punkt dazwischen?“
Wieder nickt Tim.
„Der Punkt in der Mitte eines Durchgangs ist dann der

Durchgangspunkt. Die meisten Punkte auf einem Weg sind also Durchgangspunkte, nur der Anfangspunkt und der Endpunkt sind keine.“
Damit ist Tim nicht ganz einverstanden: „Ein Anfangspunkt kann später aber noch ein Durchgangspunkt werden. Wenn wir bei A anfangen, dann ist A ein Anfangspunkt. A taucht aber mitten im Wort noch einmal auf und ist dann ein Durchgangspunkt.“
„Da hast du Recht. Mit Endpunkten ist es genauso. Und ein Durchgangspunkt kann sogar zwei Durchgänge machen.“
„Dann verbraucht er vier Verbindungen,“ bemerkt Tim, „zwei gehen in ihn rein, zwei gehen raus. So wie die Punkte B und D im richtigen Haus.“

Zu einem Strich gehört also ein Wort mit zwei Buchstaben, zu einem Weg ein Wort mit mindestens drei. Und höchstens? Die längsten Wege, die sie finden, sind die Lösungswege mit 9 Buchstaben.
„Klar“ findet Tim. „Ein Anfangspunkt und für jeden Strich ein Punkt dazu. Wenn wir alle acht Striche einmal ziehen, dann kommen genau neun Punkte heraus.“
„Und wenn wir einen Weg gehen, der nicht zur Lösung führt, dann gehört dazu ein Wort mit weniger als neun Buchstaben“, fährt Opa fort. „Irgend ein Strich bleibt ja übrig.“
„Diese Wege können wir doch 'Sackgassen' nennen“, schlägt Tim vor. „Und die mit neun Buchstaben nennen wir 'Lösungen'. Einverstanden?“
Opa nickt. Jetzt können sie weiter forschen und wissen immer genau, was der andere meint.

Opa wiederholt noch einmal Tims letzten Gedanken: „Wenn der Weg bei A beginnt, dann sind die beiden Verbindungen des Punktes C mit einem Durchgang durch C verbraucht. Wolltest du das sagen?“
„Ja. Wenn man aber bei C anfängt, ist es anders. Zuerst geht man von C nach B: ein Strich. Am Ende kommt man von D nach C: der zweite

Strich. Dann ist Schluss. Dann kann man keine weiteren Striche mehr ziehen."
„Das verstehe ich", sagt Opa. „Aber warum man auf dem Weg von A nach E alle Striche unterbringen kann und auf dem Wege von C nach C nicht, das verstehe ich trotzdem nicht".
„Vielleicht weil Anfangs- und Endpunkt derselbe ist" meint Tim.

Nun schauen sie, welche Endpunkte vorkommen: Bei den Lösungen, die mit A anfangen, gibt es nur einen Endpunkt, nämlich E. Bei den Wegen, die mit C anfangen, gibt es die Endpunkte A, C und E. Und bei denen, die mit B anfangen, die Endpunkte A, B und E. D kommt niemals vor.
„Auch wenn Anfangs- und Endpunkt verschieden sind, geht es oft nicht" stellt Tim enttäuscht fest.
„Sogar dann nicht, wenn E der Endpunkt ist", ergänzt Opa. „E ist Endpunkt in allen Lösungen, aber auch in vielen Sackgassen"
„Ich glaube, an den Endpunkten liegt es nicht" sagt Tim, „aber was kann denn sonst der Grund sein?"

Als nächstes sehen sie sich an, wie viele Wörter bzw. wie viele Wege es jeweils gibt. Sie haben von A aus zwar nur die Lösungen gezählt, aber die waren schon mehr als die Sackgassen von C aus. Klar, von C aus kann man nur in eine Richtung weitergehen, von A aus in drei. Von B aus sogar in vier, deswegen haben sie da am meisten gefunden – aber leider nur Sackgassen.
„Das ist wirklich seltsam" findet Opa, „Von B aus hat man gleich am Anfang mehr Auswahl als von A aus, also hat man von B aus viel mehr Möglichkeiten, und trotzdem ist keine Lösung dabei." Eine Erklärung dafür aber wissen sie beide nicht. Das Rätsel bleibt rätselhaft.

„Wir sollten mal die Oma fragen, vielleicht fällt ihr etwas ein" schlägt Opa vor. Aber Oma schüttelt nur den Kopf: „Dass ihr euch damit so lange beschäftigen könnt! Mit so einem einfachen Rätsel!“

„Anscheinend ist es zu schwer für uns“, erwidert Opa.

„Dann nehmt doch erst mal ein einfacheres Haus! Am Anfang sollte man sich immer eine leichte Aufgabe aussuchen.“
„Gute Idee“, meint Opa.. „Ich hab's doch gewusst: Der Oma fällt immer etwas ein.“

In der Einleitung hatten wir schon gesagt: Wissenschaftliche Forschung hört nie auf. Jede Antwort, jede Lösung gibt sofort Anlass zu neuen Fragen. Am Ende von Kapitel 4 wissen wir: Es geht nur von unten aus. Und dann stellt sich sofort die Frage: Warum? Warum geht es bei anderen Häusern auch mit anderen Anfangspunkten, beim Haus vom Nikolaus aber nicht?

Diese Frage kann man bisher nicht durch systematisches Suchen beantworten. Man kann nur Vermutungen anstellen und nach Zusammenhängen suchen. So ist z. B. auffällig, dass es mit dem Anfangspunkt A nur einen Endpunkt gibt, mit anderen Anfangspunkten gibt es mehrere mögliche Endpunkte. Aber das ist noch keine Begründung, es ist nur eine Beobachtung.

Auch dass alle Lösungswörter neun Buchstaben haben, die Sackgassenwörter dagegen kürzer und unterschiedlich lang sind, ist bemerkenswert, es ist sogar leicht zu erklären, ist aber keine Antwort auf unsere Frage: Warum muss man bei A anfangen?

So lassen sich noch viele Vermutungen anstellen: Hat es etwas damit zu tun, dass mit dem Anfangspunkt A der Buchstabe C frühestens an dritter Stelle auftritt, beim Anfangspunkt B kann er schon an zweiter Stelle auftreten? Oder …

Wenn man so nicht weiter kommt, kann es helfen, zunächst einmal das Problem zu vereinfachen. Das geschieht häufig dadurch, dass man das, was man untersuchen will, aus seinem natürlichen Zusammenhang heraus nimmt, in ein Labor steckt und dann nur einen einzelnen Zusammenhang isoliert, für sich untersucht.

Will man z. B. verstehen, warum ein Vogel fliegen kann, so kann man einfache Modelle von Flügeln herstellen, diese in einem abgeschlossenen Raum durch die Luft gleiten lassen und beobachten, wie sie zu Boden sinken. So kann man feststellen, welche Bedeutung die Form der Flügel hat. Dann kann man eine ausgewählte Form mehrmals mit verschiedenen Geschwindigkeiten durch die Luft ziehen und so feststellen, welche Bedeutung die Geschwindigkeit hat, usw.

Oder man nimmt statt eines Hauses mit acht Strichen zunächst Häuser mit weniger Strichen und versucht hier zu verstehen, welche Punkte Anfangspunkte sein können und warum.

Opas Wunsch, die Begriffe Strich,Weg, Punkt, Durchgang usw. sauber zu definieren, mag hier in diesem einfachen "Forschungsprojekt" etwas übertrieben wirken. In der richtigen Forschung aber ist es ganz wesentlich, dass man immer genau weiß, was der andere meint. Dazu ist es wichtig und sehr nützlich, die Begriffe genau zu bestimmen bzw. zu „definieren".

Auch im Alltag wäre es sicher nützlich, wenn man sicher sein könnte: Wir meinen beide dasselbe. Was du mir sagen wolltest, ist wirklich das, was ich verstanden habe. Leider ist das allzu oft nicht so. Was die eine Person sagen will und was die andere versteht, das sind oft ganz verschiedene Dinge.

Achte einmal genau darauf, wie oft du sicher sein kannst, dass du deine Gesprächspartner wirklich richtig verstehst und wie oft sie dich richtig verstehen. Oft glauben wir nur zu wissen, was der andere meint. Wir denken dann: Ich habe doch gehört, was er gesagt hat. Aber hat er auch das gemeint, was ich verstanden habe? Solche Fragen untersucht die Kommunikationstheorie, eine sehr spannende Wissenschaft von großer praktischer Wichtigkeit.

Das Problem der Verständigung wird noch größer dadurch, dass ein und dasselbe Wort verschiedene Bedeutungen haben kann, je nach dem Zusammenhang, in dem es verwendet wird. So wissen wir z. B. genau, dass ein Kreis etwas vollkommen Rundes ist, ohne Ecken. Ein Landkreis aber ist selten wirklich rund, und in vielen Arbeitskreisen läuft die Arbeit ganz und gar nicht „rund".

Auch Tim und Opa einigen sich darauf, Drei-, Vier- und Fünfecke als „Kreise" zu bezeichnen. Selbst die exakten Mathematiker tun das – im Rahmen der Graphentheorie. In der Geometrie dagegen hat das Wort „Kreis" für Mathematiker wieder eine andere Bedeutung.

Kreise, Ecken und Wege sind Begriffe, die in der Graphentheorie genauso verwendet werden wie Tim und Opa sie definieren. Ecken werden meist jedoch als Knoten bezeichnet, Strecken heißen in der Graphentheorie nicht Strecken, sondern Kanten, und die Verbindungszahl eines Punktes nennt man in der Graphentheorie den Grad eines Knotens.

Für dieses Buch aber bleiben wir bei den Definitionen, bei den Begriffen, auf die Tim und Opa sich geeinigt haben.

Kapitel 6. Noch einmal ganz klein anfangen

Ein einfacheres Haus – aber welches denn?
„Lass uns mit einem wirklich ganz einfachen anfangen“ meint Tim.

Das einfachste, das sie finden, ist ABCDE, ein einfacher Strich außen um das Haus herum. Eher ein Zelt als ein Haus

„Das ist wirklich einfach!“ meint Tim, „Hier kann man nur bei A anfangen. Es gibt ja nur einen Weg.“

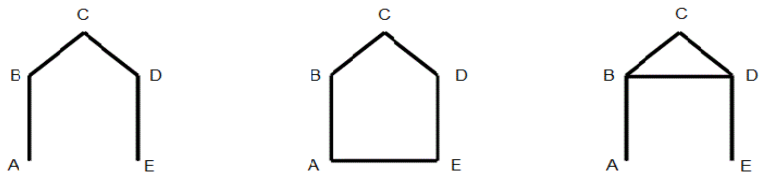
„Bei E kann man auch anfangen, aber das ist dasselbe, nur anders herum“ ergänzt Opa. „Bei allen anderen Punkten geht es nicht, weil man ja nur in eine Richtung gehen kann, aber man müsste in beide gehen.“

Das nächste Haus ist auch noch ganz einfach: Sie verbinden die beiden Punkte unten: ABCDEA. Das hatte schon Tante Grit vorgeschlagen. Da kann man überall anfangen. Und egal, wo man anfängt und in welche Richtung man geht: Der Anfangspunkt ist immer auch der Endpunkt.

Das dritte Haus sieht aus wie das erste, nur hat es eine waagerechte Verbindung von B nach D. Das ist nicht mehr so einfach. Im Gegenteil: Sie finden keine Lösung, egal wo sie anfangen und wie sie weiter gehen. Selbst mit ihren Suchverfahren finden sie nichts.

„Das ist etwas ganz Neues!“ staunt Opa. „So etwas hatten wir noch gar nicht.“

Die einfachsten Häuser

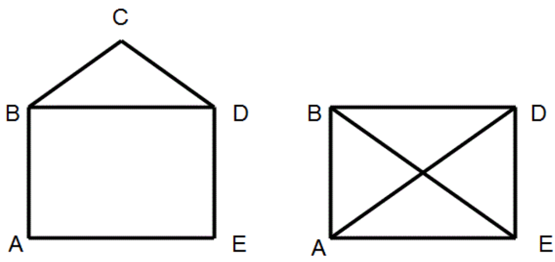


Haus 1 Haus 2 Haus 3

Sie nehmen sich noch ein weiteres Haus vor: Diesmal gibt es waagerechte Striche von A nach E und von B nach D – also das Haus vom Nikolaus ohne das X in der Mitte (Haus 4). Auch dieses Haus ist nicht so einfach. Jedenfalls nicht, wenn man wie gewohnt unten anfangen will. Mit ihrem Suchverfahren stellen sie bald fest: Unten kann man nicht anfangen. Aber wer in B anfängt, kommt leicht zum Ziel. Egal, in welche Richtung er losgeht, er kommt nie in eine Sackgasse. Und der Endpunkt ist immer die Ecke D.
Im Punkt C dagegen kann man nicht anfangen. Das ergibt wieder ihr Suchverfahren.

Als fünftes noch das Haus vom Nikolaus ohne Dach, also nur das Viereck mit dem X darin. Nach einigen vergeblichen Versuchen greifen sie wieder auf ihr bewährtes Suchverfahren zurück. Ergebnis: Es gibt keine Lösung.

Aber warum nicht? Was unterscheidet die Häuser, bei denen es keine Lösung gibt, von denen, bei denen es eine gibt? Was haben Haus 3 und Haus 5 gemeinsam? Sie suchen und überlegen und finden keine Antwort. Haus 3 sieht ganz anders aus als Haus 5, sie unterscheiden sich in der Anzahl der Ecken und in der Anzahl der Striche. Warum also gibt es gerade bei diesen Häusern keine Lösung, und zwar egal wo man anfängt? Zu dumm, dass es für diese Frage kein systematisches Suchverfahren gibt.



Haus 4 Haus 5

Sie finden also keinen Grund dafür, dass es bei Haus 3 und Haus 5 überhaupt nicht geht.
Was haben denn die anderen drei Häuser gemeinsam, bei denen es Lösungen gibt?

Das erste (Haus 1) ist leicht erklärt: Es ist ja nur eine Linie, ohne Verzweigungen oder Kreuzungen.
Das zweite ist (Haus 2) auch ganz leicht: Es ist ja nur ein „Kreis“ - zwar ein eckiger, aber egal wo man anfängt und wie man weiter geht, man kommt immer zum Anfang zurück und ist zwischendurch einmal durch alle Durchgangspunkte gegangen und hat dabei alle Striche „verbraucht“.

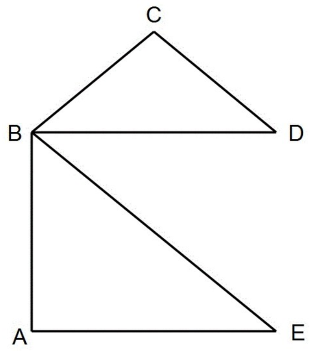
Haus 3 besteht aus einem Kreis BCDB (dem Dach) und zwei weiteren Strichen, von denen nur einer gezogen werden kann. der andere bleibt übrig. Es geht also gar nicht.
Für Haus 4 gibt es mehrere Lösungen, aber man muss in Punkt B (oder Punkt D) anfangen.

„Das vierte Haus ist wie zwei Kreise aneinander“, findet Tim, „Einmal das Dreieck und dann das Viereck darunter.“
„Bei einem Kreis kann man doch in jedem Punkt anfangen, hier aber nicht“ gibt Opa zu bedenken.
„Ja, man muss aufpassen, dass man noch in den anderen Kreis kommt. Da wo man anfängt, da muss man auch aufhören. Deswegen kann man mit dem Dreieck nicht in C anfangen, dann würde man nämlich auch in C enden und käme nicht mehr zum Viereck.“
„Stimmt genau!“ Jetzt versteht der Opa. „Wir müssen da anfangen, wo die beiden Kreise zusammen kommen, nämlich in B oder D.“
Tim denkt noch einmal nach: „Eigentlich sind es doch nicht wirklich zwei Kreise. Sie haben ja einen Strich gemeinsam, nämlich den Strich BD.“
„Und genau da müssen wir anfangen: Am Anfang des Striches, den sie gemeinsam haben.“

Was haben sie also herausgefunden?
Wenn der Weg nicht im Kreis verläuft, dann ist klar, wo man anfangen kann und muss.
Wenn der Weg ein einfacher Kreis ist, dann ist es egal, wo man anfängt.
Ist der Weg ein Kreis und sonst noch etwas (ein einfacher Strich oder ein längeres Stück des Weges), dann muss man da anfangen, wo dieses „sonst noch etwas“ anfängt.
Und wenn man zwei Kreise hat, dann muss man da anfangen, wo diese beiden Kreise zusammen hängen.

Stimmt das? Opa findet, dass es stimmt, denn er braucht eine Pause. Tim bleibt noch ein bisschen bei all den Häusern sitzen und überlegt. Stimmt das wirklich?

Er nimmt sich noch einmal die vereinfachten Häuser vor. Jedes ist dadurch entstanden, dass sie beim richtigen Haus vom Nikolaus ein paar Striche weggelassen haben. Man könnte doch noch andere weglassen und z. B. so ein „Haus“ zeichnen:



Haus 6

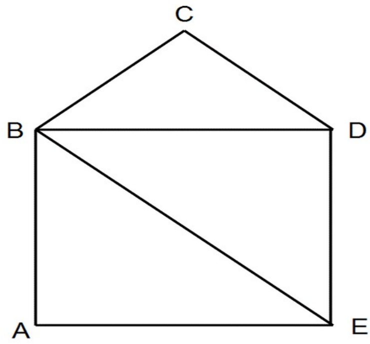
Opa würde das nie als Haus akzeptieren, aber Tante Grit könnte vielleicht eines daraus machen. Jedenfalls ist dies eine Figur mit zwei Kreisen und Tim will sie untersuchen. Er fängt da an, wo die beiden Kreise zusammenstoßen: in Punkt B. Egal, mit welchem der vier Striche er anfängt, er kommt immer zum Ziel.

„Wenn man zwei Kreise hat, dann muss man da anfangen, wo diese beiden Kreise zusammen hängen.“ Das hatten sie herausgefunden. Es scheint zu stimmen.

Tim fängt auch einmal in Punkt A an. Auch das ist möglich, er muss nur im Punkt B in den Kreis BCDB wechseln und erst dann den ersten Kreis vollständig machen.

Er versucht noch andere Anfangspunkte und findet bald heraus: In diesem Haus kann man überall anfangen. Ihre Vermutung war also doch nicht richtig. Richtig ist: Man *kann* in dem Punkt anfangen, der die beiden Kreise verbindet. Aber man *muss* nicht dort anfangen.

„Und was passiert, wenn ich die beiden Kreise zweimal verbinde?“ überlegt Tim und zeichnet folgende Figur:



Haus 7

Jetzt muss er in D oder E anfangen. Aber jetzt gibt es ja auch noch einen neuen Kreis: BDEB. Außerdem gibt es noch zwei neue, größere Kreise: ABDEA und BCDEB. Wie viele Striche haben die gemeinsam? Jeder Strich gehört zu mindestens zwei Kreisen! Und schließlich gibt es sogar noch den „ganz großen“ Kreis ABCDEA. Ein fünfeckiger Kreis, zwei viereckige, drei dreieckige: Tim findet das alles sehr verwirrend!

„Warum muss ich in D oder E anfangen!“ fragt er sich und prüft, welche Punkte zu welchen Kreisen gehören. A gehört zu einem Dreieck, einem Viereck und dem Fünfeck, C genauso. A und C gehören also zu drei Kreisen. D und E gehören zu je zwei Dreiecken, zu beiden Vierecken und dem Fünfeck, insgesamt also fünf Kreise. B gehört zu drei Dreiecken, zwei Vier- und einem Fünfeck, also zu sechs Kreisen. Es wird immer bunter und verwirrender.
„Hilft die Idee mit den Kreisen wirklich weiter?“ fragt sich Tim. „Finde ich so heraus, warum ich gerade in D oder E anfangen muss?“

Er weiß keine Antwort, aber er spürt: Er braucht nun auch eine Pause.

Er geht zu Kai und Petra. Kai fragt gleich, ob er jetzt weiß, warum es bei anderen Häusern geht und beim Haus vom Nikolaus nicht. Aber Tim will nicht darüber sprechen. „Wart ihr schon bei den Ponys heute?“ fragt er.

Das funktioniert, Kai fragt nicht weiter. Zu dritt gehen sie zu den Ponys, und schnell hat Tim die blöden Häuser vergessen. Es tut einfach gut, den Tieren zuzusehen, sie zu streicheln und manchmal auch ihren Stall auszumisten. Das riecht alles so gut, die Ponys sind so warm, so friedlich, sie scheinen keine anderen Gedanken zu haben als fressen, schnuppern und die Fliegen verscheuchen. „Pony müsste man sein“ denkt Tim dann oft.

Als er Stunden später zurück kommt, ist Opa längst ausgeruht und sitzt nun selber über den Zeichnungen. Er hat auch Tims neue Zeichnungen schon studiert und ist zu dem selben Ergebnis gekommen wie Tim: Bei Haus 6 kann man überall anfangen, bei Haus 7 nur in B oder E.
Tim erklärt ihm noch, wie viele Kreise es in Haus 7 gibt, dass er das alles sehr verwirrend findet und nicht mehr weiter weiß.
„Willst du etwa aufgeben?“ fragt Opa, „Das kommt nicht in Frage. jetzt, wo wir ganz nah an der Lösung sind!“
„Wieso ganz nah an der Lösung?“
„Weil wir schon so viel versucht haben. Irgendwann muss uns doch ein Licht aufgehen!“

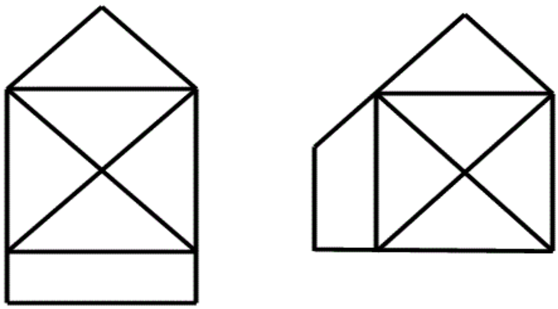
Sie sehen sich noch einmal die Häuser an, bei denen es nur wenige mögliche Anfangspunkte gibt, und versuchen herauszufinden, was diese gemeinsam haben.

Plötzlich hat Opa eine Idee: „Ich glaube, es hat etwas mit der Anzahl der Verbindungen zu tun.“
Was meint er wohl damit?
„Sieh mal, im ersten Haus haben Anfangs- und Endpunkt nur eine Verbindung, da ist ja klar, dass sie keine Durchgangspunkte sein können. Also bleibt ihnen nichts anderes als Anfangs- oder Endpunkt zu sein.“
Das versteht Tim.
Opa fährt fort: „In Haus 4 haben B und D je drei Verbindungen. Da kann B der Anfangspunkt sein, das ist eine Verbindung, und dann macht der Weg noch einen Durchgang durch B, das sind noch einmal zwei Striche. Also zusammen drei Striche. Bei D ist es andersherum: Erst ein Durchgang: zwei Striche; und dann der Endpunkt: ein Strich. Zusammen auch drei.“
Tim staunt: Das stimmt alles, und das ist eine gute Erklärung. Vor Freude springt er auf.
„Oma, wir haben es gefunden!“ ruft er.
„Das wird aber auch Zeit“, antwortet sie. ,,Es gibt nämlich gleich Abendessen.“

Opa und Tim schauen noch einmal alles durch: Ja, beim richtigen Haus vom Nikolaus muss man auch in den Punkten anfangen und aufhören, die drei Verbindungen haben. Das gilt auch für Haus 7: D und E haben beide 3 Verbindungen, da muss man anfangen, sonst geht es nicht. Und in den Häusern, in denen man überall anfangen kann (Haus 2 und Haus 6), haben alle Punkte entweder zwei oder vier Verbindungen, also einen oder zwei Durchgänge.
„Man muss immer in einem Punkt mit einer ungeraden Zahl anfangen“, stellt Tim begeistert fest. „Und wenn es keine Punkte mit ungeraden Zahlen gibt, dann kann man überall anfangen.“

Ob das bei dem Haus, das Tante Grit gezeichnet hat, wohl auch so ist? In diesem Haus muss man bei C anfangen (drei Verbindungen) oder bei dem neuen Punkt F unten in der Mitte (5 Verbindungen). Stimmt!

Nun werden sie mutig: Was ist, wenn die Zeichnungen noch größer werden und noch mehr Striche dazu kommen? Sie überlegen sich, wie sie das Haus vom Nikolaus vergrößern könnten. Ein Keller? Ein Anbau? Sie versuchen beides: Ja, es stimmt: Wenn man einen Keller darunter baut wie in Haus 8, haben alle Punkte eine gerade Zahl an Verbindungen und man kann überall anfangen. Haus 9 hat einem Anbau links, hier haben B und E ungerade Zahlen, und wenn man da anfängt, findet man leicht Lösungen. Bei A kann man aber nicht mehr anfangen, auch bei keinem anderen Punkt, nur B und E



Haus 8: mit Keller Haus 9: Mit Anbau

Alles klar, Gott sei Dank.

Dummerweise liegt da noch der Zettel mit den Häusern 3 und 5. Die Häuser, bei denen es gar keine Lösung gab. Wieso nicht?
Ja, wieso nicht? In beiden gibt es doch Punkte mit ungeraden Verbindungszahlen, in jedem Haus sogar vier solche Punkte. Warum geht es trotzdem nicht? Stimmt etwa doch etwas nicht in ihrer schönen Lösung?

„Nun räumt mal eure Zettel auf, ich will den Tisch decken“ unterbricht Oma ihre Überlegungen. „Ich dachte, ihr seid fertig.“
„Dachten wir auch“, erwidert Opa. „Aber jetzt ist doch noch ein Problem aufgetaucht. Vielleicht weißt du wieder mal einen guten Rat.“
Oma hat zwar keine Lust, aber sie sieht, dass die beiden jetzt sowieso nichts essen würden.
„Wo klemmt es denn?“
Opa erklärt ihr, dass sie zwei Häuser gefunden haben, in denen es keine Lösung gibt. Zwei ganz einfache Häuser. Nach ihrer Theorie hat jedes von ihnen vier Punkte, die Anfangs-oder Endpunkte sein könnten.
„So viel Auswahl“, stöhnt Tim. „Und trotzdem finden wir keine Lösung. Sind wir denn so doof?“
„Ich glaube, das seid ihr wirklich“, sagt Oma. „Vier Punkte am Anfang oder am Ende. Wie viele Anfangs- und Endpunkte hat denn ein Strich?“
„Na, zwei natürlich! Einen Anfangspunkt und einen Endpunkt.“ Tim ist ein wenig beleidigt.
„Aber ihr habt vier Punkte, das kann doch gar nicht gehen! Für zwei Anfangspunkte braucht man auch zwei Striche!“
Oma schüttelt den Kopf „Da sitzt ihr nun tagelang und rätselt und ratet, erfindet sogar eine eigene Sprache, und dann kommt ihr auf die einfachsten Sachen nicht!“

„Oma hat mal wieder Recht“, gibt Opa zu, „Das ist wirklich nicht schwer. Aber manchmal hat man einfach ein Brett vorm Kopf!“
Tim hat sich schon einmal das Haus 3 vorgenommen. Ja, Oma hat wirklich Recht. Mit zwei Strichen geht es ganz leicht. Einer von A über B und D nach E (ABDE) und einer von B über C nach D (BCD). Oder einmal ABD und einmal BCDE - oder andersherum.
„Oder einer von A nach B und einer von D über B und C und D nach

E“, ergänzt Opa.
Vielleicht gibt es noch mehr Möglichkeiten, aber diese reichen ihnen. Auch für Haus 5 finden sie ganz leicht Lösungen mit zwei Strichen.

„Es darf also immer nur zwei Punkte mit ungeraden Verbindungszahlen geben“, stellt Tim fest. „Wenn es mehr sind, braucht man auch mehr Striche.“
„Und anscheinend kann man sogar gleich sagen, wie viele Striche man braucht“, glaubt Opa. „Bei vier ungeraden Punkten braucht man zwei Striche, bei sechs braucht man drei usw.“

Das sollten sie noch ein paarmal ausprobieren – mit anderen Häusern. Aber nicht mehr vor dem Abendessen. Und nicht mehr in diesem Buch.

Endlich wurde eine Lösung gefunden! Hast du sie verstanden? Dann erst einmal herzlichen Glückwunsch! Du kannst dir auf die Schulter klopfen. Vor Mathe brauchst du keine Angst mehr zu haben.

Tim und Opa haben schließlich erkannt: Es liegt an der Anzahl der Verbindungen, die jeder Punkt hat. Um es genauer auszudrücken: Man muss zählen, wie viele Striche von einem Punkt wegführen bzw. zu ihm hinführen. Diese Zahl könnte man die Verbindungszahl nennen. Zu jedem Punkt in einer Zeichnung gibt es eine Verbindungszahl, die man leicht ermitteln kann.

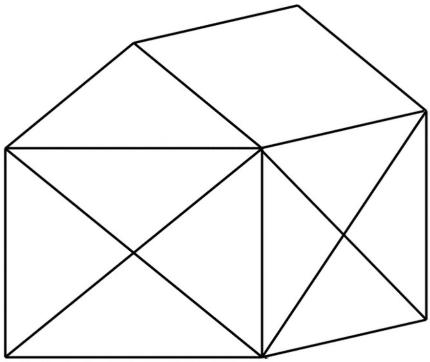
Wenn man einmal weiß, dass es auf diese Verbindungszahl ankommt, dann ist die Erklärung eigentlich wirklich so einfach wie Oma es gesagt hat. Jeder Strich, jeder Weg hat einen Anfang und ein Ende, und zwar nur einen *Anfang und nur* ein *Ende.*

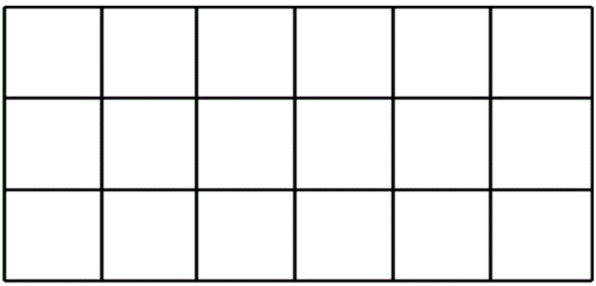
Wie sieht die Lösung nun aus? Wir unterscheiden zwischen Punkten mit geraden Verbindungszahlen und solchen mit ungeraden Verbindungszahlen. Die mit ungeraden Verbindungszahlen müssen *entweder Anfangs- oder Endpunkte sein. Denn jeder Durchgang „kostet“ 2 Verbindungen. Eine ungerade Verbindungszahl kann also nur dadurch zustande kommen, dass eine Verbindung nicht zu einem Durchgang gehört. Dann aber muss dieser Punkt ein Anfangs- oder ein Endpunkt sein.*

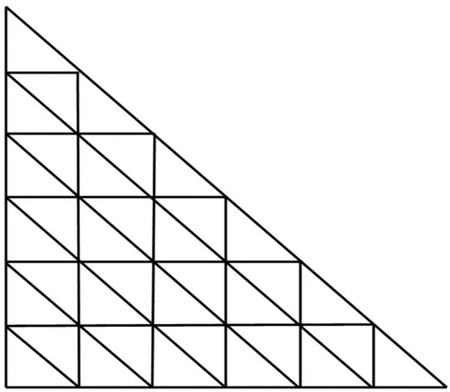
Und weil jeder Strich, jeder Weg nur einen Anfangs- und nur einen Endpunkt hat, darf es höchstens zwei Punkte mit ungeraden Verbindungszahlen geben. Wenn es mehr gibt, braucht man mehr Wege. An der Anzahl der Punkte mit ungeraden Verbindungszahlen kann man also schnell erkennen, wie viele Wege man brauchen wird (wie oft man also den Stift neu aufsetzen muss), um diese Figur zu zeichnen.

Stimmt das? Kann man sicher sein, dass man nur so viele braucht? Bisher können wir nur beweisen, dass man mindestens *so viele braucht. Dass man aber* immer damit auskommt, *das haben wir noch nicht bewiesen. Vielleicht braucht man manchmal doch mehr?*

Wie viele Linien brauchst du z. B. wenn du in Haus 9 auch rechts noch einen Anbau zeichnest? Und dann auch noch den Keller dazu? Oder wie viele brauchst du für die folgenden drei Figuren? Zähle zuerst, wie viele Punkte mit ungeraden Verbindungszahlen du findest. Wie viele Wege wirst du also mindestens benötigen? Anders gefragt: Wie oft wirst du den Stift mindestens neu aufsetzen müssen? Und dann versuch, ob du es wirklich mit dieser Zahl schaffst oder ob du noch öfter neu anfangen musst.







Du kannst es auch einmal anders herum versuchen: Mit wie vielen Wegen kannst du diese Figuren maximal zeichnen? Versuche also zum Spaß einmal, dich möglichst „ungeschickt“ anzustellen und so oft wie möglich in eine Sackgasse zu geraten. Zeichne jeden Weg so weit, bis er nicht mehr weiter geht, aber wähle in jedem Punkt die „dümmste“ Richtung. Wie viele Wege brauchst du insgesamt für jede dieser drei Figuren?

Noch eine Frage taucht auf: Was ist, wenn es in einer Zeichnung drei Punkte mit ungeraden Verbindungszahlen gibt? Oder fünf? Oder nur einen? Gibt es solche Zeichnungen überhaupt? Bisher hatten wir nur Zeichnungen gefunden, in denen es zwei oder vier Punkte mit ungeraden Verbindungszahlen gibt.Wie viele sind es in den drei „Häusern“, die du jetzt selber untersuchen kannst? (Übrigens gilt unsere Regel nicht nur für Figuren, die wie Häuser aussehen. Du kannst sie auf beliebige andere Zeichnungen anwenden.)

Es gibt also noch offene Fragen. Und das wird auch dann noch so sein, wenn diese Fragen beantwortet sind.

Kapitel 7: Was macht Wissenschaft aus?

Was haben wir nun erfahren über die Besonderheiten wissenschaftlichen Arbeitens?

Begonnen hat die Forschung mit einer Frage, die allmählich genauer beschrieben („präzisiert“) wurde. Es folgte eine Reihe von Experimenten, die schließlich zu einer positiven Antwort auf die erste Frage führten: Tim fand eine Lösung für das Rätsel.

Beim Versuch, das Ergebnis anderen mitzuteilen, tauchten Schwierigkeiten auf: Die Lösung musste klar und eindeutig beschrieben werden. Dafür mussten die Forscher eine eigene „Fachsprache“ entwickeln. Sie gab ihnen die Möglichkeit, ihre Experimente und Ergebnisse so zu beschreiben, dass auch andere leicht und genau verstehen können, was sie gemacht haben. Andere können nun dieselben Experimente machen und prüfen, ob sie dieselben Ergebnisse erhalten. Wenn viele verschiedene Personen dieselben Ergebnisse erhalten, dann sind die Ergebnisse offenbar unabhängig davon, wer das Experiment ausführt. Das nennt man dann „objektiv“ (von den beteiligten Personen unabhängig). Wissenschaft strebt nach objektiven Tatsachen.

Allerdings zeigt uns die moderne Quantenphysik, dass diese Objektivität oft gar nicht möglich ist. Sehr oft hängt das Ergebnis eines Experiments vom Beobachter ab, also von der Person, die das Experiment durchführt – oder auch nur beobachtet. Dass das bei Experimenten zutrifft, die mit Menschen durchgeführt werden, das leuchtet uns noch ein. Dass es aber auch bei Experimenten mit Pflanzen oder sogar mit „leblosen“ Gegenständen gelten soll, das finden die meisten Menschen schon seltsam – und doch scheint es so zu sein.

Aber bleiben wir bei unseren Untersuchungen, denn hier ist diese Objektivität möglich: Schon sehr früh gab es Meinungsverschiedenheiten: Zwei verschiedene Lösungen wurden gefunden. Welche ist richtig? Jede dieser Lösungen wurde dann von den anderen geprüft, und es zeigte sich, dass beide objektiv richtig waren. Das war eine Überraschung, denn ohne es zu wissen, waren die Forscher davon ausgegangen, dass es nur eine Lösung gäbe. Derlei Überraschungen gibt es häufig im Forschungsprozess.

Mit der Fachsprache konnten sich die Forscher dann an weiter gehende Fragen heranwagen: Gibt es noch andere Möglichkeiten? Wieder wurden viele Experimente gemacht, neue Lösungen gefunden, es wurde aber auch gefunden, dass eine Lösung nur dann möglich ist, wenn man unten anfängt.

Hier ist sorgfältig zu unterscheiden – und dieser Unterschied wird leider oft nicht sorgfältig genug gemacht – zwischen der Aussage: „Wir haben keine Lösung gefunden“ und der Aussage: „Es gibt keine Lösung.“ Die erste Aussage bedeutet so viel wie: „Vielleicht findet später jemand eine Lösung – oder auch nicht.“ Die zweite dagegen bedeutet: „Niemand kann jemals eine Lösung finden.“ In unserem Beispiel haben die Forscher eine Methode angewendet, die ihnen gezeigt hat: Es gibt keine Lösung, die oben anfängt; niemand kann je eine finden. In unserem Beispiel funktioniert diese Methode, oft funktioniert sie nicht.

Auch dieses Ergebnis wurde von anderen (Tante Grit) überprüft. Durch ein Gegenbeispiel konnte sie beweisen, dass die Behauptung „Es gibt keine Lösungen, die in den Punkten B, C oder D anfangen“ zu allgemein formuliert war. Richtig musste es heißen: „Für das Haus vom Nikolaus gibt es keine Lösungen, die in den Punkt B, C oder D anfangen.“ Für andere Häuser gibt es jedoch solche Lösungen.

Mit dieser Korrektur war die Behauptung richtig, und es stellte sich die Frage nach dem Warum. Warum gibt es beim Haus vom Nikolaus nur Lösungen, die unten anfangen, bei anderen Häusern aber auch andere? Um das herauszufinden, gibt es kein systematisches Verfahren, hier sind Kreativität, Erfahrung und Durchhaltevermögen gefragt.
In solchen Situationen stellen Forscher verschiedene Vermutungen an und prüfen sie. Oft zeigen schon einfache Gegenbeispiele, dass die Vermutungen so nicht stimmen.

Oder sie versuchen, das Problem in Teilprobleme zu zerlegen und diese nacheinander zu lösen. Oder sie beschäftigen sich zunächst mit einem „kleineren“ und (hoffentlich) leichter zu lösendem Problem. Eine Garantie, dass man auf diesen Wegen zum Ziel kommt, gibt es jedoch nicht. So gibt es in der Mathematik einige Vermutungen, die schon vor Jahrhunderten geäußert wurden, für die es bisher trotz intensiver Suche keine Gegenbeispiele gibt (dann wären sie eindeutig falsch), für die es aber auch keinen Beweis gibt (dann wären sie eindeutig richtig).

In unserem Beispiel wurde schließlich ein Beweis gefunden, eine Erklärung dafür, dass es für das Haus vom Nikolaus nur Lösungen geben kann, die unten beginnen. Das Ergebnis der systematischen Suche wurde damit erklärt und noch einmal untermauert.

Diese Erklärung wäre nicht notwendig gewesen, wenn man nur wissen wollte, *ob* es andere Lösungen gibt. Dafür hätte das „Durchsuchen des Baums“ ausgereicht. Wer aber verstehen will, *warum* es so ist, der braucht eine Erklärung. Die Antwort auf die Frage nach dem Warum hat mehrere Vorteile: Einerseits befriedigt sie unser Bedürfnis, unsere Umwelt zu verstehen, andererseits gibt sie uns die Möglichkeit, das Verstandene zu übertragen auf andere Situationen bzw. Fragen. Mit der gefundenen Begründung können wir nun ganz schnell bestimmen, ob es für andere Häuser Lösungen gibt und wo sie beginnen müssen.

Die ganzen Überlegungen, die hier angestellt wurden, sind in der mathematischen Graphentheorie enthalten. Sie gelten nicht nur für Häuser, sondern für beliebige Graphen – Zeichnungen aus Strichen und Punkten. Und sie lassen sich leicht übertragenen auf eine Fülle von anderen Fragen. Viele davon sind keine bloßen Rätsel, sondern haben eine Bedeutung in der Praxis.

Stellen wir uns nur einmal vor, wir hätten einen Stadtplan vor uns. Das ist auch eine Art Graph, bestehend aus Strichen (Straßen) und Punkten (Kreuzungen). Wie fahre ich am besten, wenn ich – z. B. als Briefträger oder als Müllabfuhr – jede Straße abfahren muss? Kann ich alle Haushalte bedienen, indem ich jede Straße nur einmal entlang fahre? Oder muss ich manche doppelt fahren? Wenn ich doppelt fahren muss, welche Straße fahre ich dann doppelt? Wie kann ich den Gesamtweg möglichst kurz halten? Ein bekanntes Problem der Graphentheorie, durchaus keine reine Spielerei mehr.

Ebenso kann man sich vorstellen, dass wir ein Stromnetz oder ein Informationsnetz als Graph darstellen und untersuchen. Wie können Suchmaschinen effizient das ganze Netz nach bestimmten Informationen durchsuchen? Auch diese Frage hat sicher praktische Bedeutung.

Die Graphentheorie ist entwickelt worden, lange bevor es Autos oder gar das Internet gab, sie findet aber jetzt Anwendungen in diesen Bereichen. Das beweist, dass Forschung auch dann, wenn sie zunächst reine Spielerei zu sein scheint, sich später als sehr nützlich erweisen kann – wenn es nämlich gelingt, die gewonnenen Erkenntnisse zu verallgemeinern und auf neue Lebensbereiche anzuwenden. Die Frage: „Wozu soll das gut sein?“ ist zwar wichtig, aber sie sollte die Forschung nicht allzu sehr einengen.

Das Streben nach Verallgemeinerung ist ein wesentliches Motiv wissenschaftlicher Forschung. Man fragt sich: Gilt das, was ich jetzt für diese Aufgaben herausgefunden habe, auch für andere ähnliche Aufgaben? Wenn nein, warum nicht? Dadurch entstehen mit jeder Lösung, mit jeder Erklärung sofort neue Fragen, die untersucht werden wollen. Forschung hört also nie auf.

Schaut man von außen auf die ungeheure Fülle des heute verfügbaren Wissens und vergleicht sie mit dem, was frühere Generationen gewusst haben, dann kann man leicht zu der Ansicht kommen: „Das meiste wissen wir schon, nur hier und da müssen noch ein paar unwichtige Kleinigkeiten erforscht werden.“ Auf jede Frage, die man dem Internet stellt, scheint es sofort mindestens eine Antwort zu geben – was fehlt da noch?

Aber das täuscht. Ein Ende des Forschens ist nicht in Sicht. Im Gegenteil: Es scheint oft, als habe es gerade erst richtig angefangen. So schnell, wie unser Wissen jetzt wächst, ist es nie zuvor gewachsen. Man sagt, die Zeitspanne, in der sich unser Wissen verdoppelt, habe früher Jahrhunderte gedauert und daure jetzt nur noch ein paar Jahre.

Nun ist so eine Behauptung sicher auch wieder fragwürdig: Wie misst man denn die Menge des Wissens? In beschriebenen Seiten? In der Anzahl der neu veröffentlichen Ergebnisse? Das wäre nur dann möglich, wenn wir jedes noch so unwichtigen Detail gleich werten würden wie die großen wissenschaftlichen Durchbrüche. Das aber ist bestimmt nicht sinnvoll.

Dies ist wieder einmal ein kleines Beispiel dafür, dass es trotz aller beeindruckenden Forschung wichtig ist, nicht einfach alles zu glauben. „Unser Wissen verdoppelt sich immer schneller“ - was heißt das? Wer viele Fakten kennt, muss deswegen noch nicht viel verstehen. Oft scheint eher das Gegenteil der Fall zu sein. Auch bei Wissenschaftlern kann man den Eindruck gewinnen, dass sie vor lauter Bäumen den Wald nicht sehen – wie es ja auch Tim und Opa gegangen ist. Zum Glück hatten sie die Oma.

So ist auch für die Wissenschaft der „gesunde Menschenverstand“ der Laien, der Nicht-Wissenschaftler sehr wichtig. Insbesondere sollten diese Laien nicht glauben, dass nur das wahr sein kann, was wissenschaftlich bewiesen ist. Viele Wahrheiten gelten auch dann schon, wenn sie noch nicht bewiesen worden sind. Der Irrtum des berühmten Arztes Robert Mayer (siehe Ende Kapitel 3) ist ein Beispiel dafür.

Die Wissenschaft ist noch weit davon entfernt, all unsere Fragen, speziell die großen Fragen nach dem Grund und dem Sinn unseres Lebens beantworten zu können. Ob sie es jemals kann? Ich weiß es nicht. Vorerst muss wohl jeder seine eigene Antwort auf diese Fragen finden. Aber ich glaube, dass es sinnvoll ist, bei der Suche nach solche Antworten die Erkenntnisse der Wissenschaft zu berücksichtigen.