

Semesterarbeit

Stromwirtschaft in der Schweiz im Jahr 2030

- sonnige Zukunft -



Management Summary

Wie versorgt sich die Schweiz mit Strom in den nächsten Jahrzehnten? Wird es einen Zeitpunkt geben, wo in der Schweiz der Verbrauch höher als das Angebot ist? Mit welchen Technologien wird der Strom produziert? Wie entwickeln sich die Schweizer-Gesellschaft und deren Politik im Bezug zum Strom?

In der Vergangenheit machte sich kaum jemand Gedanken zum Strom, denn der kommt ja aus der Steckdose, oder etwa nicht? Aber der massive jährliche Anstieg des Verbrauchs und die Diskussionen über die CO₂-Abgaben führen heute zu heissen Diskussionen, da der Strom knapp wird und sauber bleiben bzw. werden soll. So wollen die grossen Konzerne so schnell wie möglich neue AKW's bauen, die Grünen jedoch schreien nach sicheren, sauberen Alternativen und der Bundesrat will den Verbrauch regeln.

Das Ziel unserer Semesterarbeit war es nun, ein Szenario zu entwickeln, welches die offenen Fragen beantwortet und uns den Weg der Stromwirtschaft in der Schweiz bis ins Jahr 2030 beschreibt.

Dank unseres EKZ-Kollegen konnten wir uns mit sehr guter Literatur und Studien aus der Schweiz und Europa versorgen. Beim Studieren der Unterlagen wurde uns schnell bewusst, wie komplex die Stromwirtschaft ist. Der Markt in und um Europa, die Politik, das Klima, die Technologien und schlussendlich der Stromproduzent und Verbraucher, jeder dieser Faktoren kann die Stromwirtschaft der Schweiz massiv beeinflussen.

Nachdem wir im Szenarioprozess die treibenden Kräfte, deren Extremitäten und die Cluster gebildet hatten, identifizierten wir im Wahrscheinlichkeits-/ Einflussdiagramm die entscheidenden Cluster "Versorgungssicherheit" und "Technologie" als Basis für die Definition unserer vier Szenarien "Hopeless", "Back to middle Age", "Don't care" und "Sunshine".

Da wir alle drei sehr positiv zur Stromwirtschaft eingestellt sind, ob Erzeugung oder Verbrauch in der Schweiz, haben wir uns für das Szenario Sunshine entschieden.

Den ersten Meilenstein unserer Geschichte erreichen wir bereits in diesem Jahr, die erfolgreiche Initiierung von Leuenbergers Aktionsplan (Energieeffizienz und erneuerbare Energie). Zugleich setzt dieser Plan die für uns notwendigen Mittel frei, welche in Innovation und Forschung gesteckt werden. Dank den ersten Erfolgen in der Effizienzsteigerung bestehender Technologien wird die Investitionssumme bereits im 2010 vervierfacht.

Diese Erhöhung der Investitionen verkürzt auch die Zeiten für Verbesserungen und Neuem. So werden revolutionäre Materialien erforscht, welche die Stromproduktion weiter massiv begünstigen. Dies führt dazu, dass sich die Schweizer Haushalte ab dem Jahre 2020 selber mit Strom versorgen und somit völlig unabhängig werden. Industrie / Gewerbe / Dienstleistungen / Landwirtschaft und Verkehr dagegen decken Ihren Strombedarf zu 100% aus der inländischen Produktion.

Bereits im Jahre 2020 erkennen wir, dass der Strom ohne jegliche weitere Anstrengungen bis ins 2080 reichen wird.

Wie der Name schon sagt, es erwarten uns sonnige Zeiten. Diskussionen über die Erzeugung und den Verbrauch wird es nicht mehr geben. Strom gibt es im Überfluss, und der ist erst noch "sauber". Wie heute in unseren Geschichtsbüchern noch die „Pest“ beschrieben war, wird in denen unserer Kinder die Stromwirtschaft vorkommen.

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|---|-----------|
| MANAGEMENT SUMMARY | 2 |
| INHALTSVERZEICHNIS | 3 |
| 1. AKTUELLE SITUATION | 5 |
| 1.1. STROMVERBRAUCH SCHWEIZ | 5 |
| 1.2. STROMERZEUGUNG SCHWEIZ | 6 |
| 1.2.1. Produktionskosten heutiger Grosskraftwerke | 6 |
| 1.2.2. Produktionskosten neue erneuerbare Energien | 7 |
| 1.3. VERSORGUNGSSICHERHEIT | 7 |
| 1.3.1. Es gelten folgende Grundsätze zur Erhöhung der Versorgungssicherheit | 8 |
| 1.3.2. Primärenergien | 8 |
| 1.3.3. Produktionskapazitäten | 9 |
| 1.3.4. Netze | 9 |
| 1.3.5. Systemmanagement | 10 |
| 1.4. POLITIK UND GESELLSCHAFT | 11 |
| 1.4.1. Gaskombikraftwerke | 11 |
| 1.4.2. Kernkraftwerke | 11 |
| 1.4.3. Vorstoss von Bundesrat Leuenberger 3. September 2007 | 12 |
| 2. WERTSCHÖPFUNGSKETTE | 12 |
| 2.1. KENNZAHLEN VON AUSGEWÄHLTEN KRAFTWERKSTYPEN | 13 |
| 2.2. NOGA-SCHLÜSSEL | 13 |
| 3. SZENARIOPLANUNG | 14 |
| 3.1. ERFASSUNG DER RECHERCHE: GEDANKEN, DISKUSSIONEN UND ENTSCHEIDE | 14 |
| 3.2. THEMENANALYSE – TREIBENDE KRÄFTE | 14 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 3.3. | EXTREME ENTWICKLUNGEN | 15 |
| 3.3.1. | Bestehende Energiesysteme | 15 |
| 3.3.2. | Neue Technologien | 16 |
| 3.3.3. | Versorgungssicherheit | 16 |
| 3.3.4. | Monetär | 17 |
| 3.3.5. | Staatlicher Einfluss | 17 |
| 3.3.6. | Grüner Aspekt | 17 |
| 3.3.7. | Human Behaviour | 18 |
| 3.3.8. | Natur- / Oekoeinflüsse | 18 |
| 3.3.9. | Machtmissbrauch | 19 |
| 3.4. | ANALYSE DER TREIBENDEN KRÄFTE / CLUSTER-TEST MIT URSACHEN UND EFFEKT | 20 |
| 3.5. | AUSWIRKUNGS- / UNSICHERHEITS-ANALYSE | 21 |
| 3.6. | BILDEN DER SZENARIEN | 22 |
| 3.7. | SZENARIO – BEURTEILUNG | 23 |
| 3.7.1. | Meilensteine | 23 |
| 4. | ERGEBNISSE / CONCLUSION | 24 |
| 5. | LITERATURNACHWEIS | 25 |
| 6. | GLOSSAR | 26 |
| 7. | DEFINITIONEN | 26 |
| 7.1. | VERWENDETE STROMTECHNISCHE ABKÜRZUNGEN | 27 |
| | ANHÄNGE A-1 BIS A-9, B, C, D, E | |

1. AKTUELLE SITUATION

1.1. STROMVERBRAUCH SCHWEIZ¹

Der Stromverbrauch (Landesverbrauch²) in der Schweiz hat sich in den letzten 35 Jahren mehr als verdoppelt und stieg im Jahr 2006 auf einen neuen Höchstwert von 62,1 TWh³ (2005: 61,6 TWh), was einer Zunahme von 0,8% gegenüber dem Vorjahr entspricht. Zum höheren Elektrizitätsverbrauch trugen die konjunkturelle Entwicklung und das Bevölkerungswachstum bei.

Gemäss Staatssekretariat für Wirtschaft (seco) lag das Bruttoinlandprodukt (BIP) im Jahr 2006 um 2,7% über dem Vorjahreswert. Die mittlere Wohnbevölkerung der Schweiz nahm gemäss provisorischen Ergebnissen des Bundesamtes für Statistik (BFS) im Jahr 2006 um rund 56'000 Personen oder 0,7% zu.

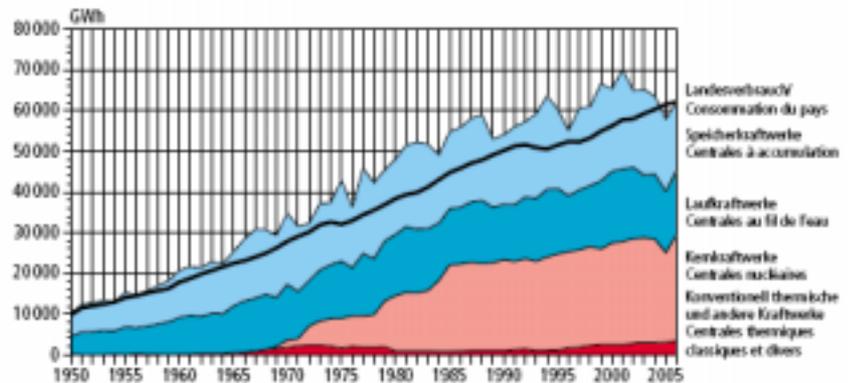


Bild: Landesverbrauch und -produktion der Stromerzeuger (1950-2005)
 (Quelle: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2006)

Der Stromverbrauch der Schweiz steigt an, während ab 2020 drei Kernkraftwerke altersbedingt vom Netz gehen und die Stromimportverträge mit der Electricité de France (EDF)⁴ kontinuierlich auslaufen⁵. Für eine sichere Stromversorgung ist es zentral, dass die Schweiz im Winterhalbjahr genügend Strom hat. Die Schweiz muss bei wachsendem Stromverbrauch bereits in strengen Wintern ab 2012 mit Versorgungsengpässen rechnen.

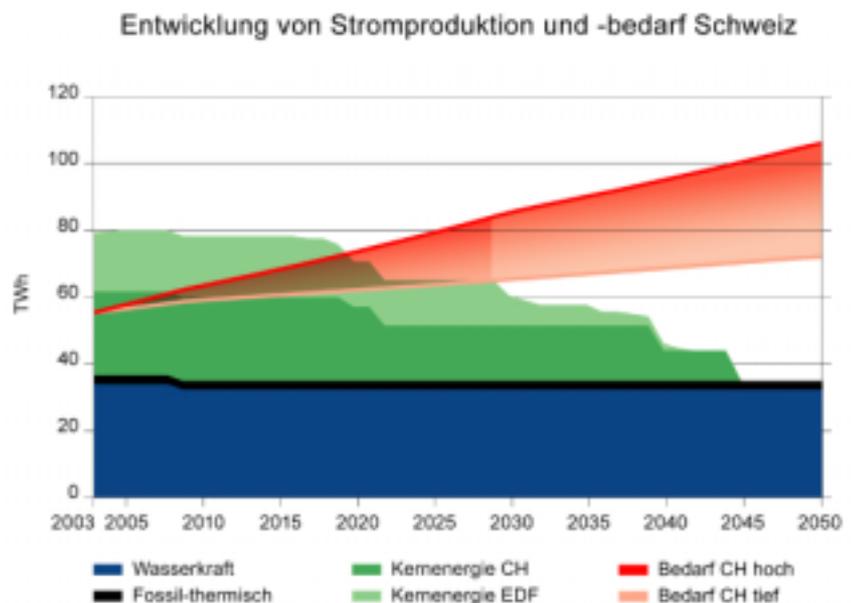


Bild: Entwicklung von Stromproduktion und -bedarf im der Schweiz
 (Quelle: Axpo Studie Stromperspektiven 2020)

¹ Schweizerische Elektrizitätsstatistiken 2005 und 2006, Bundesamt für Energie BFE

² Landesverbrauch (siehe unter 7. Definition)

³ TWh = 1 Terawattstunde=1'000'000'000 kWh (Umrechnungstabelle unter 7.1. Definitionen)

⁴ EDF = Electricité de France (siehe auch unter 6. Glossar)

⁵ Axpo Studie Stromperspektive 2020

1.2. STROMERZEUGUNG SCHWEIZ

Die einheimischen Kraftwerke erzeugten im Jahr 2006 netto 59,4 TWh⁶ oder 7,3% mehr Strom als im Vorjahr.

Die *Wasserkraftanlagen* erzeugten bei unterdurchschnittlichen Produktionsverhältnissen 29,8 TWh etwas weniger Elektrizität als im Vorjahr. Die Stromproduktion der schweizerischen *Kernkraftwerke* stieg dank neuer Produktionsrekorde auf den Höchstwert von 26,2 TWh, die *übrigen Kraftwerke* (Kehrichtverbrennung, erneuerbare Energien, etc.) konnten 3,3 TWh Strom beitragen.

Da der Landesverbrauch (62,1 TWh) heute höher liegt als die Netto-Landeserzeugung⁷ (59,4 TWh), musste im Jahr 2006 netto 2,7 TWh oder 4,7% des Strombedarfs importiert werden.

In der Schweiz wird der Strom durch die grossen Stromverteiler AXPO, (mit CKW, NOK, EGL) sowie EKZ, BKW, Atel und EOS entsprechend ihren Regionen geliefert.

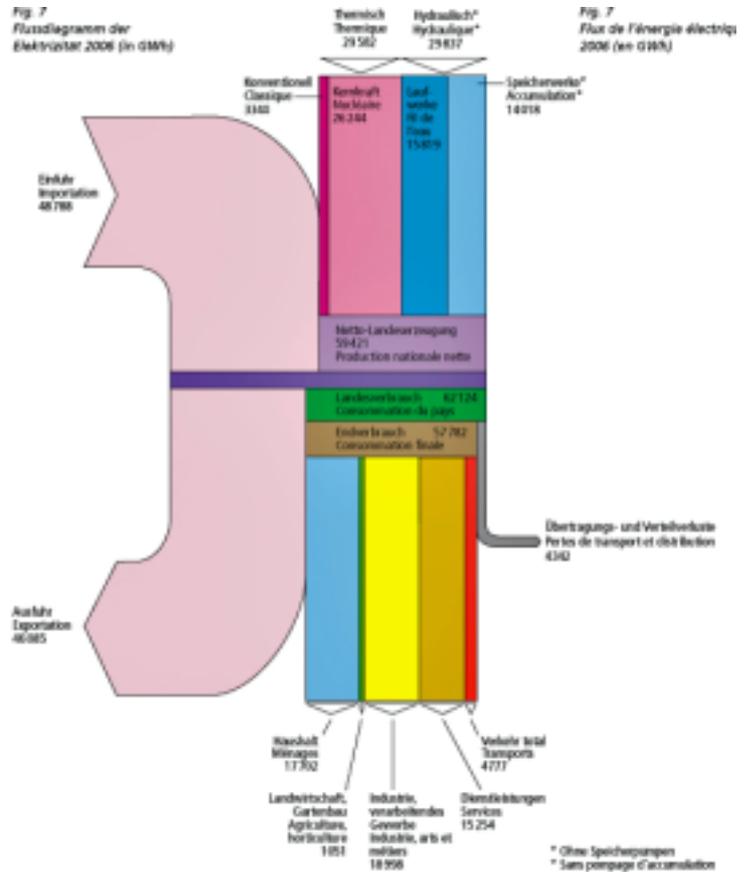


Bild: Flussdiagramm der Elektrizität 2006
 (Quelle: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2006)

1.2.1. Produktionskosten heutiger Grosskraftwerke

Zu den heute bekannten Grosskraftwerken zählen nebst Grosswasserkraft (über 10 MW Leistung) auch Gas-Kombikraftwerke, Kohlekraftwerke (Stein- und Braunkohle), sowie Kernkraftwerke.

Die Produktionskosten der schweizerischen Kernkraftwerke wie auch die der Wasserkraftwerke liegen etwas um 5 Rp./kWh.

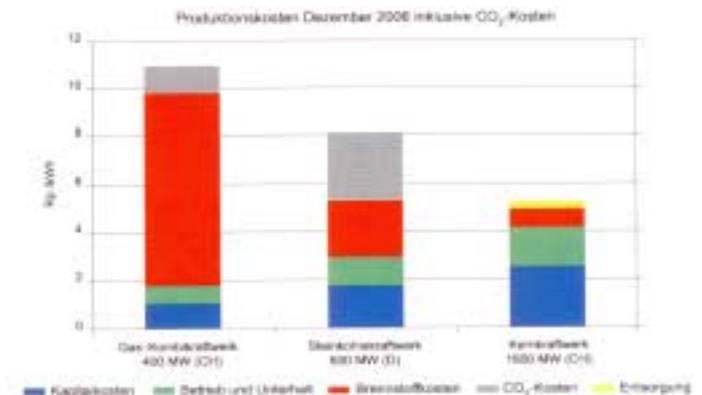


Bild: Produktionskosten Grosskraftwerke heute
 (Quelle Axpo Studie Stromperspektiven 2020)

⁶ Schweizerische Elektrizitätsstatistiken 2005 und 2006, Bundesamt für Energie BFE

⁷ Netto-Landeserzeugung: Brutto-Landeserzeugung abzüglich Verbrauch der Speicherpumpen

1.2.2. Produktionskosten neue erneuerbare Energien

Neue erneuerbare Energien sind Kleinwasserkraft (nicht aber die etablierte Grosswasserkraft), Biogas, feste Biomasse (Holz), Geothermie, Windkraft und Photovoltaik (Sonne).

Die Produktionskosten dieser Energien liegen klar und teils mehrfach über dem heutigen Marktpreis von 6,5 Rp./kWh.

Pro Technologie kann nicht ein Einzelwert als Produktionskosten bestimmt werden, die verschiedenen Leistungsgrößen, technischen Entwicklungsstände und speziell die Eignung der Standorte führen zu grossen Streuungen, zudem fällt Strom aus Windkraft und Photovoltaik⁸ nicht regelmässig an.

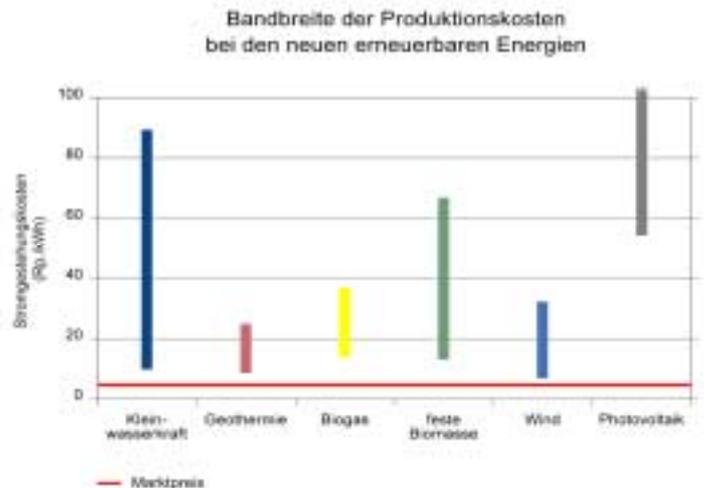


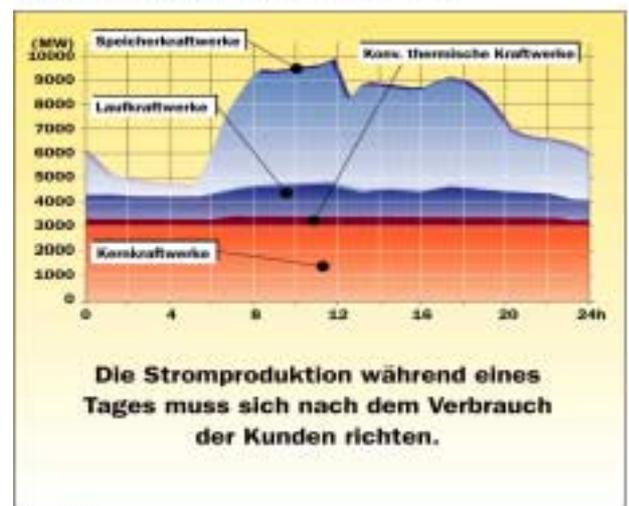
Bild: Bandbreite der Produktionskosten neue erneuerbare Energien heute (Quelle Axpo Studie Stromperspektiven 2020)

1.3. VERSORGUNGSSICHERHEIT

Die schweizerische Stromversorgung genießt dank ihrer hervorragenden Zuverlässigkeit seit vielen Jahrzehnten einen guten Ruf. Die durchschnittliche Verfügbarkeit von Strom beträgt 99,99 Prozent. Eine moderne Gesellschaft und eine florierende Wirtschaft, wie wir sie in der Schweiz haben, brauchen zwingend auch in Zukunft eine langfristig jederzeit gesicherte Stromversorgung zu wettbewerbsfähigen Preisen. Wenn dies nicht gewährleistet werden kann, leidet darunter direkt der Wirtschaftsstandort Schweiz. Zur Erreichung einer Versorgungssicherheit braucht es aber im Wesentlichen vier Elemente:

- Primärenergien für die Stromproduktion
- Produktionskapazitäten / Kraftwerke
- Netze
- Systemmanagement

Stromproduktion im Tagesverlauf



L.R.D © VSE

Bild: Stromproduktion im Tagesverlauf (Quelle: VSE, Verband Schweiz. Elektrizitätsunternehmen)

Wenn die ersten drei Elemente in genügender Menge und bedarfsgerecht vorhanden sind und das Systemmanagement die Produktion und die Netze entsprechend den Anforderungen der Konsumente einsetzen kann, ist die Versorgungssicherheit gegeben.

⁸ Photovoltaische Zellen (Solar) wandeln die Sonnenenergie direkt in elektrische Energie um

1.3.1. Es gelten folgende Grundsätze zur Erhöhung der Versorgungssicherheit

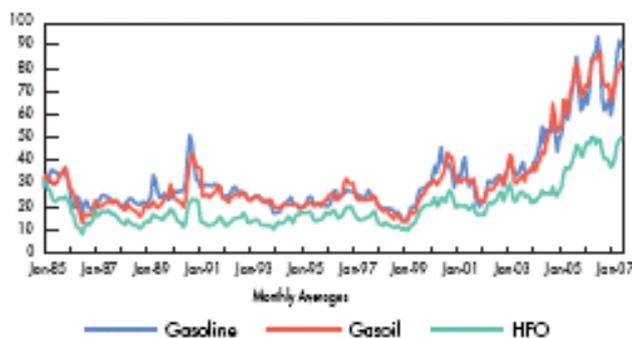
- Je diversifizierter die eingesetzten Primärenergien und die Produktionsformen sind, umso geringer ist die absolute Abhängigkeit bei gleichzeitig steigender Versorgungssicherheit.
- Je näher die Produktionsanlagen und die Verbrauchszentren beieinander liegen, umso höher wird die Versorgungssicherheit.
- Je grösser die Redundanzen⁹ bei allen vier Elementen sind, umso höher wird die Versorgungssicherheit.
- Je geringer der Einfluss eines Kraftwerks oder einer Übertragungsleitung in Bezug auf das ganze zu versorgende Gebiet ist, umso höher wird die Versorgungssicherheit.

1.3.2. Primärenergien

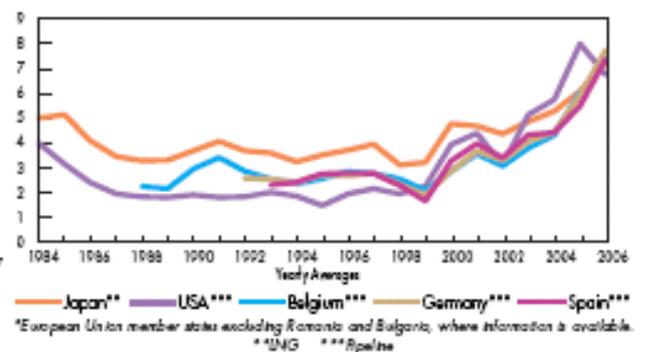
Primärenergien sind in der Regel die auf der Erde in fester, flüssiger oder gasförmiger Form natürlich vorkommenden Kohlenwasserstoffe, in erster Linie als fossile Energieträger. Dazu gehören Kohle, Erdöl, Erdgas und Torf, aber auch Holz und Uran.

Preiserhöhungen der Primärenergie schlagen sich voll auf die Kosten der Stromproduktion nieder (Bsp. Erdöl, Erdgas) und verteuern das Endprodukt Strom.

**Rotterdam Oil Product Spot Prices
in US Dollars/barrel**



**Natural Gas Import Prices
in US Dollars/MBtu**



HFO = Heavy fuel oil

1 Barrel = 159 lt

MBtu = Million British Thermal Units = (umgerechnet 293 kWh)

Bilder: Marktpreisentwicklung der Primärenergien Erdöl und Erdgas in den letzten 22 Jahren
(Quelle International Energy Agency, Key world energy statistics 2007)

⁹ Redundanz: das mehrfache Vorhandensein funktions-, inhalts- oder wesensgleicher Objekte

1.3.3. Produktionskapazitäten

1. Grosstechnische Anlagen

Kernkraftwerke: Die Kernkraft ist heute die einzige Grosstechnologie neben der Wasserkraft, welche kein CO₂ ausstösst und somit kostenmässig unabhängig von der Entwicklung der CO₂-Kosten ist.

Grosswasserkraftwerke: Knapp 50% des Landesverbrauchs werden heute durch die Grosswasserkraft gedeckt. Der weitere Ausbau der Grosswasserkraft ist kaum mehr möglich, da die wirksamen Standorte bereits besetzt sind.

Gas-Kombikraftwerke: Der Bau von Gas-Kombikraftwerken erlebt in Europa einen regelrechten Boom. In der Schweiz werden diese Kraftwerke nicht weiter vorangetrieben, da die zusätzlichen CO₂-Emissionen kaum kompensiert werden können und die Abhängigkeit vom Gaspreis wie auch vom Ausland extrem hoch ist.

Kohlekraftwerke: Vor allem in Deutschland erlebt der Kohlekraftwerkbau (Braunkohle und Steinkohle) trotz gewaltiger CO₂-Emissionen einen riesigen Auftrieb. In der Schweiz werden keine Kohlekraftwerke betrieben.

2. Dezentrale Energieversorgung

Anlagen werden als dezentral bezeichnet, wenn die Stromproduktion und der Verbrauch nahe beieinander liegen.

Reine Stromerzeuger: Bsp. Kleinwasserkraft, Biogas, Photovoltaik, Wind

Stromerzeuger mit Abwärmenutzung: Das sind fossil betriebene Anlagen wie die Blockheizkraftwerke (BHKW), Mikrogasturbinen und Brennstoffzellen. Bei diesen Systemen wird neben der Stromproduktion auch die anfallende Wärme verwertet und ein sehr hoher Gesamtwirkungsgrad von gegen 90% erreicht.

3. Importe

Basierend auf langjährigen Verträgen importiert die Schweiz seit vielen Jahren Strom aus dem Ausland. Mit der Liberalisierung sind neue Verträge dieser Art in Frage gestellt. Gemäss EU-Recht nicht mehr garantiert ist hingegen der sichere Transport des im Ausland produzierten Stromes in die Schweiz, denn die grenzüberschreitenden Transportleitungen müssen diskriminierungsfrei allen Marktteilnehmern zur Verfügung gestellt werden.

1.3.4. Netze

Für eine ausgezeichnete Versorgungssicherheit müssen neben genügenden und jederzeit verfügbaren Produktionskapazitäten auch die entsprechenden Leitungsnetze vorhanden sein. Grundsätzlich ist die Versorgungssicherheit umso höher, je näher die Produktionsanlagen bei den Verbrauchszentren liegen und je enger die einzelnen Gebiete mit leistungsfähigen Netzen verbunden sind. Gute Verbindungen sind unerlässlich, um bei Ausfällen von Kraftwerken oder Leitungen genügend Redundanzen verfügbar zu haben.

Das schweizerische Übertragungsnetz 380/220 kV ist in weiten Teilen über 40 Jahre alt und stösst immer mehr an seine Leistungsgrenzen. Mit Blick auf eine auch zukünftig sichere

Bruno Däppen, 6276 Hohenrain LU
Karl Hintermeister, 8104 Weiningen ZH
Andreas Hohl, 5073 Gipf-Oberfrick AG

HFNDS 1/06 B FHK

06.12.2009 / DAE - Seite 10



Stromversorgung heisst dies, dass der heutige Kraftwerkspark und das bestehende Übertragungsnetz koordiniert weiterentwickelt und ausgebaut werden muss. Da das Höchstspannungsnetz ganz Europa überspannt, muss diese Koordination auch den ganzen europäischen Raum umfassen.

Bild: Die Rolle der Schweiz im UCTE¹⁰ Gebiet: Transitleitungen 380/220 kV (Quelle BFE, Walter Steinmann, 29.4.04)

1.3.5. Systemmanagement

Die Schweiz ist stromtechnisch mit Europa eng vernetzt, was den Vorteil hat, dass bei kurzfristigen Versorgungsengpässen durch den Ausfall von Kraftwerken zusätzlich Reservekapazitäten aus Europa verfügbar sind. Die Schweiz ist nach einem klar definierten Prozedere verpflichtet, nach Notlagen wieder selber genügend Energie bereitzuhalten, so dass die kurzfristig benötigte Reserve für Europa wieder frei wird. Die Schweiz kann vom Produktionsportfolio Europas profitieren, aber auch Europa von der Schweiz als Reserve.

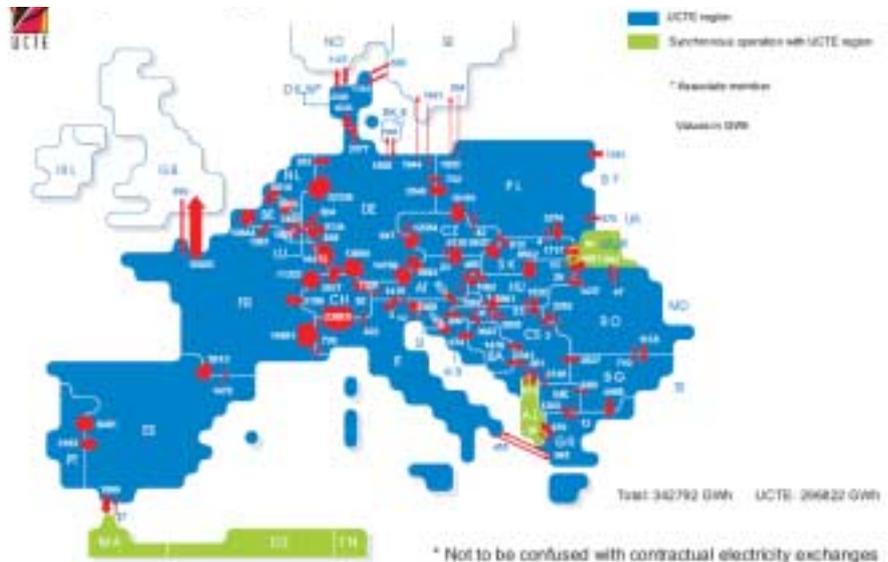


Bild: UCTE Gebiet mit Transitzkapazitäten (Quelle Axpo / Unterlagen A.Kähler, EKZ "Basiswissen Energiewirtschaft")

Diese gegenseitige Hilfestellung funktioniert nur dann, wenn kurz-, mittel- und langfristig für den üblichen Landesverbrauch genügend Strom und die zugehörigen Reserven verfügbar sind. Mit dem absehbaren Ende der ältesten Schweizer Kernkraftwerke und dem schrittweisen Auslaufen der Lieferverträge mit Frankreich ist die Versorgungssicherheit zunehmend gefährdet.

¹⁰ UCTE: Union for the Coordination of Transmission of Electricity = Europäische Union für die Koordinierung der Erzeugung und des Transports elektrischer Energie

Zum System-Management gehört unter anderem:

- Optimierung des Kraftwerkspark (europäisch gesehen)
- Einsatz der Kraftwerke nach "Merit order"¹¹ (Grenzkosten)
- Bau von grösseren Einheitsleistungen bei Kraftwerken
- Poolung von Reservekraftwerken
- Mankodeckung bei ausserordentlichen Situationen
- Gute Netz-, Spannungsstabilität und Regelqualität
- Kombination von hydraulischen und thermischen Kraftwerken (Ergänzung Band- und Spitzenproduktion)
- Überschussverwertung bei Wasserkraftwerken

1.4. POLITIK UND GESELLSCHAFT

Unsere Gesellschaft und Wirtschaft hat sich an die hohe Versorgungssicherheit gewöhnt. Man ist sich einig, dass die Versorgung des Landes mit Strom langfristig gesichert werden muss. Über das "Wie" gehen die Meinungen allerdings noch stark auseinander. In der Frühjahrssession 2007 haben die Eidgenössischen Räte u.a. dem revidierten Energiegesetz zugestimmt, welches vorsieht, den Strompreis um 0,6 Rp. / kWh zugunsten der Förderung der neuen erneuerbaren Energien zu erhöhen.

1.4.1. Gaskombikraftwerke

Gas-Kombikraftwerke müssen gemäss Beschluss des Parlamentes vom Frühjahr 2007 den ganzen CO₂ Ausstoss kompensieren, davon 70% im Inland und 30% im Ausland. Basierend auf dem Kyoto Protokoll hat die Schweiz ein CO₂-Gesetz erlassen, das eine 10-prozentige Senkung des CO₂-Ausstosses bis 2010 zum Ziel hat. Der CO₂-Ausstoss eines Gas-Kombikraftwerkes von 400 MW beträgt rund 1 Mio. Tonnen pro Jahr, das entspricht etwa 2,5% des Landesausstosses. Bis 2005 konnten kaum Fortschritte erzielt werden. Zusätzliche CO₂-Belastungen der Atmosphäre liegen damit nicht drin.

1.4.2. Kernkraftwerke

Für den Bau eines Kernkraftwerkes als Ersatz für Beznau I und II sowie Mühleberg gibt es seit dem 1.1.2005 mit dem neuen Kernenergiegesetz klare rechtliche Rahmenbedingungen. Trotzdem rechnen Fachleute damit, dass das Bewilligungsverfahren und der Bau eines neuen KKW's¹² insgesamt rund 15 bis 20 Jahre dauern könnten. Der Ausgang einer als sicher geltenden Referendumsabstimmung muss zum heutigen Zeitpunkt als offen bezeichnet werden.

¹¹ Merit order: Grenzkostenkurve verschiedener Kraftwerkstypen (siehe auch unter 7. Definition)

¹² KKW: Kernkraftwerk

1.4.3. Vorstoss von Bundesrat Leuenberger 3. September 2007

Am 3. September 2007 hat BR Leuenberger die Schweiz überrascht und 2 Aktionspläne vorgeschlagen, die Massnahmen zur massgeblichen Beeinflussung der künftigen Stromwirtschaft in der Schweiz enthalten.

Der Aktionsplan „Energieeffizienz“ umfasst insgesamt 18 Massnahmen in den Bereiche Gebäude, Mobilität, Geräte und elektrische Motoren, Forschung und Technologietransfer sowie Aus- und Weiterbildung.

Der Aktionsplan „Erneuerbare Energien“ umfasst 8 Massnahmen in den Bereichen Wärmeproduktion, Wasserkraft, biogene Treibstoffe, Forschung und Technologietransfer sowie Aus- und Weiterbildung.

2. WERTSCHÖPFUNGSKETTE

Mit der anstehenden Liberalisierung des Strommarktes in der Schweiz stehen Änderungen vom Monopol zum freien Wettbewerb, resp. zum regulierten Monopol bevor.

Liberalisierung bedeutet grundsätzlich Veränderungen für die Wertschöpfungsstufen

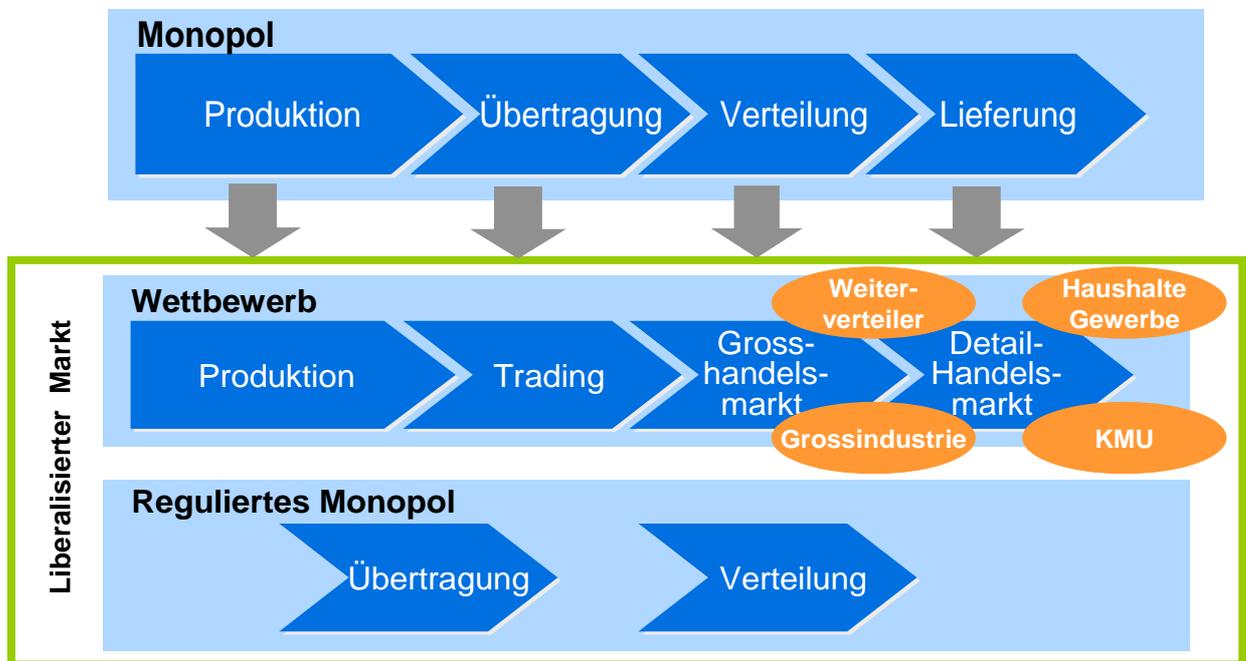
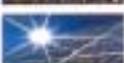


Bild: Wertschöpfungskette Stromwirtschaft
(Quelle Unterlagen A.Kähler, EKZ "Basiswissen Energiewirtschaft")

2.1. KENNZAHLEN VON AUSGEWÄHLTEN KRAFTWERKSTYPEN

| Kraftwerkstyp | Übliche Blockgrösse | Wirkungsgrad (%) | Investitionen (EUR/kW) | Volllaststd. (h/a) | CO ₂ -Emissionen (t/MWh) |
|--|---------------------|------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------------|
| Braunkohle  | 800 MW | 40 - 44 | 1'250 | 7'250 | 1.050 |
| Steinkohle  | 700 MW | 42 - 46 | 1'350 | 5'500 | 0.850 |
| Gasturbine  | 200 MW | 33 - 38 | 450 | 2'500 | 0.550 |
| GuD  | 400 MW | 54 - 60 | 550 | 6'000 | 0.365 |
| Kernkraft  | 1'300 MW | 34 | 2'000 | 8'000 | 0.000 |
| Wasserkraft  | 200 MW | 95 | 2'500 - 5'000 | 5'000 | 0.000 |
| Windkraft  | 2.5 MW | 95 | 800 | 1'600 | 0.000 |
| Photovoltaik  | < 0.1 MW | 10 - 15 | 8'000 | 1'200 | 0.000 |

Erklärung: Das ganze Jahr umfasst 365 x 24 = 8760 Volllaststunden
 1 t/MWh = 1 kg/kWh
 GuD = Gas und Dampf

Bild: Kennzahlen von ausgewählten Kraftwerkstypen
 (Quelle Unterlagen A.Kähler, EKZ "Basiswissen Energiewirtschaft")

2.2. NOGA-SCHLÜSSEL

Diese bevorstehende Liberalisierung wird auch im neuen ab 2008 geltenden NOGA-Schlüssel gebührend berücksichtigt, die Stromverteilung ist neu unterteilt auf Verteilung und Handel.

| | | |
|--------------------------|----------------|---------------|
| Elektrizitätserzeugung | 40.11 A (2002) | D 3511 (2008) |
| Elektrizitätsübertragung | 40.12 A (2002) | D 3512 (2008) |
| Elektrizitätsverteilung | 40.13 A (2002) | D 3513 (2008) |
| Elektrizitätshandel | 40.13 A (2002) | D 3514 (2008) |

3. SZENARIOPLANUNG¹³**3.1. ERFASSUNG DER RECHERCHE: GEDANKEN, DISKUSSIONEN UND ENTSCHEIDE**

| <i>Was wissen wir noch nicht</i> | <i>Was unternehmen wir / Annahme</i> |
|--|--|
| Wieweit entsprechen bisher veröffentlichte Studien ¹⁴ der künftigen Wirklichkeit | Aus diesen Studien haben wir Facts als bereits bekannte Tatsache akzeptiert, Annahmen hingegen nicht berücksichtigt |
| Neue Technologien, die irgendwo auf der Welt bereits entwickelt sein könnten, in der Schweiz aber noch unbekannt sind | Für unsere Szenarioplanung gehen wir davon aus, dass solche noch nicht existieren |
| Auswirkungen der "Senkung der Netznutzungspreise um rund 10%" gem. Aussage des deutschen Regulators ¹⁵ auf unsere Versorgungssicherheit / Stromverteilung aus | Dieser Einfluss ist für uns innerhalb der EU-Vorgaben als eine Vorgabe abgehandelt |
| Wieweit beeinflussen Kraftwerkstypen mit hohem CO ₂ -Ausstoff unsere Arbeit | Den erwünschten Nebeneffekt der Klimaneutralität (kein CO ₂ -Ausstoss) wurde allgemein berücksichtigt, eine Vertiefung in dieses Thema entspricht nicht unserer Aufgabe |
| Inwiefern gehen wir in unserer Arbeit auf den Aktionsplan Leuenbergers ein | Gegeben sind die Facts, dieser Aktionsplan steht in einer Art Ausgangspunkt zu unserem Szenario (gem. 5. Ergebnisse) |

Zusammenfassende Bemerkung zum Lerneffekt dieser Szenarioplanung in der Gruppe:

Durch die vertiefte Auseinandersetzung mit dem Thema Energieproduktion, Energieverteilung, Energieverbrauch wurde uns bewusst, wie wenig sich das Volk um alltägliche Selbstverständlichkeiten kümmert, wie sehr die Energiepolitik unser Leben beeinflussen kann und dass die frühzeitige Aufgleisung effizienter Massnahmen durch die weitgehend überforderten Politiker immens wichtig ist, wollen wir unseren Lebensstandard halten.

3.2. THEMENANALYSE – TREIBENDE KRÄFTE

Zuerst befassten wir uns mit den Einflussfaktoren der Umwelt respektive des Umfeldes der Schweizer Stromwirtschaft und sammelten treibende Kräfte (siehe nachstehende Tabelle). Treibende Kräfte sind Umweltfaktoren, welche die Entwicklung der Stromwirtschaft in der Schweiz beeinflussen könnten.

¹³ Unser Vorgehen in dieser Szenarioplanung beruht auf den gemachten Erfahrungen im Fach „Szenarioplanung“ (Dozent Ivo Wallnöfer) und basiert auf den in der Grundstruktur durch die Strathclyde University in Schottland entwickelten Unterlagen

¹⁴ Axpo-Studie: Studie Stromperspektiven 2020 (04.07); Bundesamt für Energie (BSE): Energieperspektiven 2035 + Synthesericht; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE); Vorschau 2006 des UNO-Weltklimabericht vom 6. April 2007

¹⁵ Die Deutsche Regulationsbehörde überwacht und kontrolliert seit 2007 die Netznutzungspreise

Anschliessend erklärten wir uns gegenseitig, was wir unter den entsprechenden treibenden Kräften verstehen und warum diese eine treibende Kraft darstellen soll. Realitätsfremde sowie identische Nennungen wurden besprochen und allenfalls präzisiert.

3.3. EXTREME ENTWICKLUNGEN

Zu jeder treibenden Kraft benannten wir zwei aussagekräftige, gegensätzliche Extrementwicklungen, wobei auch hier utopische Entwicklungen (Extreme Outcome Descriptions) auf ihre Unmöglichkeit angeschaut und allenfalls angepasst oder ausgeschlossen wurden.

In der nachstehenden Tabelle¹⁶ sind die „Treibenden Kräfte“ mit den zugehörigen „extremen Entwicklungen“ bereits in Gruppen (Clusters) gegliedert, jede dieser Clusters trägt einen passenden Titel.

3.3.1. Bestehende Energiesysteme

| Nr. | Treibende Kraft | Extrementwicklung + | Extrementwicklung - |
|------------|--|---|---|
| K9 | Primärenergien | Wir finden genügend Primärenergien und können sie sinnvoll nutzen | Unsere Primärenergien wie Wasser schwinden laufend |
| A13 | Ölvorräte unendlich | Ölpreis ¹⁷ sinkt ab 2010 unter 20 Fr. / 100 lt | Ölvorräte gehen zur Neige; ab 2015 auf 50% und ab 2020 auf 10% |
| B26 | Gasverpuffung ¹⁸ | Gas kann ab 2015 kostengünstig verflüssigt und transportiert werden | Die Gasverpuffung verdoppelt sich bis 2030 |
| A9 | Wasserkraftwerk | Bau neuer Kleinwasserkraftwerke ab 2008 mit jährl. >1 TWh | Ab 2020 noch wenig Restwasser = Wasserkraftwerke stehen fast still; noch 10% Leistung |
| B7 | Schwindende Wasserkraft | Wasserkraft schwindet dank Interventionen erst ab 2029 | Keine Stromerzeugung mehr durch Wasser ab 2025 |
| B22 | Sonnen- und Windenergie | Die ganze Schweiz wird ab 2010 überbaut mit Solar- und Windkraft: bis 2020 mit >100'000 m ² Solar und >10'000 Windturbinen | Keine Akzeptanz mehr für neue Sonnen- und Windkraftwerke ab 2010 |
| B15 | Windkraftwerke (6 kW - Fa. AV, California) | Ab 2008 Bau von jährlich über 1000 Windkraftwerkanlagen in den Bergen (je >600 MWh) | Kleine Windkraftwerke schaffen in der Schweiz den Durchbruch nicht |
| B23 | Mühle-Prinzip (Windrad) | 2000 Pferde / Ochsen erzeugen ab 2010 mittels Mühlen Strom | Tierschutz verbietet den Einsatz von Tieren zur Stromerzeugung ab 2015 |
| B17 | Neue AKW(s) | 3 neue AKWs gehen bis 2020 in Betrieb | AKW-Verbot ab 2008 in der Schweiz |
| K17 | Neue Grosskraftwerke | Basisdeckung durch Grosskraftwerke liegt ab 2015 bei 80% | Grosskraftwerke können Wachstum ab 2015 nur zu 50% decken |

¹⁶ Fotografische Aufnahmen dieser Cluster siehe im Anhang A

¹⁷ Aktuell um 80 Dollar = 90 Fr./Fass (1 Barrel = 159 lt) (Stand Mitte Sept. 07)

¹⁸ Weltweit fackeln Energiekonzerne in Öl-Förderanlagen zwischen 150 und 170 Milliarden Kubikmeter Erdgas im Wert von 40 Milliarden Dollar einfach ab, was etwa 400 Millionen Tonnen CO₂-Ausstoss bedeutet (nach einer neuen Studie der US-Wetterbehörde NOAA auf Basis von Satellitenbeobachtungen)

3.3.2. Neue Technologien

| Nr. | Treibende Kraft | Extrementwicklung + | Extrementwicklung - |
|------------|--|---|---|
| K23 | Forschungsaufträge | Technologien werden dank Forschungsaufträgen wirksamer; ab 2013 + 15% Strom | Forschungsaufträge kosten ein Vermögen, aber bringen bis 2040 nichts |
| B25 | Technologie-Fortschritte | Ab 2020 ist Stromerzeugung mit Sonnenenergie günstiger als Nuklear- und Wasserkraft | Kein technologischer Fortschritt bis 2030 |
| B1 | Bisher unbekannte Technologien | Neue Technologie ersetzt die Kernenergie ab 2010 | Ab 2010 keine Akzeptanz mehr für neue Technologien (Geo, Kernfusion) |
| K21 | Neue erneuerbare Energien | Neue Energien wird ab 2025 durch Sonnenenergie hergestellt | Alle neuen erneuerbaren Energien sind nach 5 Jahren bereits erschöpft |
| K3 | Neue Materialien | 2016 gefundene neue Materialien beeinflussen die Stromproduktion positiv | Gefundene neue Materialien eignen sich nicht zur Stromerzeugung |
| A20 | Geotherm funktioniert | Geothermische Kraftwerke schaffen den Durchbruch und steuern ab 2017 ca. 14% zur gesamten Stromproduktion bei | Geothermische Kraftwerke funktionieren zwar, werden aber aus Kostengründen und fehlender Effizienz <u>nie</u> in Betrieb genommen |
| K13 | Kernfusion | Kernfusion wird bereits ab 2010 risikolos und 10 x effizienter eingesetzt | Kernfusion bleibt ein Risiko auf x-Jahre hinaus |
| B29 | Brennstoffzelle | In Russland getestete Brennstoff-Luft-Bombe wird ab 2012 für Energieproduktion genutzt, löst 2030 Nuklear ab | Im Jura fliegt ein Brennstoff-Luft-Kraftwerk in die Luft; ab 2028 jährl. 1 TWh weniger Strom |
| B18 | Höherer Wirkungsgrad von Solartechnik | Wirkungsgrad von Solar steigt ab 2015 auf >90% | Wirkungsgrad von Solar wird bis 2030 nicht besser |
| A19 | 0 Watt-Lampe | Edison-2 erfindet 2011 eine Lampe, die mit fast 0 Watt knapp genügend Licht gibt | Die 2011 erfundene 0-Watt-Lampe ist ein Flop |
| B2 | Strassenverkehr zur Stromgewinnung nutzen (ähnl. Wind) | Umwandlung der Pneu-Reibung auf dem Belag bis 2030 in Strom und deckt 10% des Strombedarfs | Nutzung des Strassenverkehrs bringt keinen Erfolg, es kostet nur |
| B6 | Lawinen-Kraftwerk | Ab 2030 Erzeugung 5% des Stroms im Winter durch Lawinen-Kraftwerke | Lawinen-Kraftwerke werden nicht funktionieren |

3.3.3. Versorgungssicherheit

| Nr. | Treibende Kraft | Extrementwicklung + | Extrementwicklung - |
|------------|---|---|---|
| K20 | Strom-Verfügbarkeit | Stromverfügbarkeit ist ab 2040 kein Problem, da Kernfusion massentauglich | Stromproduktion deckt ab 2012 Nachfrage nicht mehr = erste Engpässe im Winter |
| B8 | Speichern von Strom | Strom kann ab 2015 kostengünstig endlich gespeichert werden | Ab 2025 kein Wasser mehr = Stromspeicherung ist nicht mehr möglich |
| K7 | Leitungsbau / Stromleitungen | Übertragungsverlust nimmt ab, Stromleitungen werden 10% effizienter | Stromleitungen müssen verschwinden, was enorme Finanzmittel bindet |
| B12 | Individuelle Vorsorge (eigene Stromwerke) | Bis 2020 versorgen sich Haushalte selber mit Strom | Eigene Stromversorgung ab 2012 auf Heizwasseraufbereitung beschränkt |
| B13 | Strombewirtschaftung durch Dörfer / Orte | Ab 2018 funktioniert Strombörse unter den Ortschaften | Ab 2015 tägl. nur noch 2h Strom für CH-Haushalte |

3.3.4. Monetär

| Nr. | Treibende Kraft | Extrementwicklung + | Extrementwicklung - |
|------------|-------------------------|---|--|
| A18 | Stromkosten | Die Strompreise bleiben bis 2018 im heutigen Rahmen | Ab 2010 explodieren die Strompreise um über 70% |
| B3 | Strompreis | Strom wird gratis dank massiver Überkapazität | Strompreis wird ab 2030 nicht mehr zahlbar; nur noch für die Reichen |
| K22 | Preise Primärenergie | Neue Primärreserven für über 2000 Jahre; keine Engpässe; Preise sinken bis 2012 auf 50% | Preise verzehnfachen sich bis 2020 => Stromknappheit |
| K10 | Rohstoffpreise | Rohstoffe werden weniger nachgefragt, Preise sinken innert 5 Jahren drastisch | Innert 5 Jahren steigen die Rohstoffpreise gewaltig und verteuern die Energie um 70% |
| A2 | Produktion vs Verbrauch | Ab 2015 herrscht Produktionsüberschuss von Strom mit >20% | Stromverbrauch ist ab 2012 höher als die Stromproduktion |

3.3.5. Staatlicher Einfluss

| Nr. | Treibende Kraft | Extrementwicklung + | Extrementwicklung - |
|------------|--|--|---|
| B28 | Staatl. Investitionen | Staat investiert ab 2010 > 2 Mia. Dollar jährlich | Er gibt keine staatlichen Investitionen mehr |
| B19 | Vergütung an Privatpersonen für Stromerzeugung | Subventionen für private Stromerzeugung steigt ab 2015 auf 1 Fr. / kWh | Keine Subventionen bis 2030 für private Stromerzeugung |
| K2 | Umweltgesetze | Umweltgesetz verlangt bis 2020 die Abschaltung der AKWs und Reduktion des CO ₂ -Ausstoss um 40% | Umweltgesetze werden immer verworfen => Energie wird weiterhin verpufft |
| B5 | EU-Vorgaben | Ab 2020 Strafzölle auf Strom-Netto-Import; Preis steigt um 200% | Ab 2040 keine Kernenergie mehr in Europa |
| K31 | Aktionsplan Leuenberger | Die 26 Massnahmen „Erneuerbare Energie“ und „Energieeffizienz“ sind 2015 umgesetzt | Massnahmen sind erfolglos, bringen nur 1% Einsparung bis 2020 |

3.3.6. Grüner Aspekt

| Nr. | Treibende Kraft | Extrementwicklung + | Extrementwicklung - |
|------------|-----------------------------|---|---|
| K1 | CO ₂ frei | Die CH stösst ab 2017 kein CO ₂ mehr aus | Bis 2025 verdoppelt sich in der CH der CO ₂ -Ausstoss |
| B9 | CO ₂ - Belastung | Total-Belastung durch sehr hohe Abgaben unter Kontrolle = Wirtschaftswachstum ab 2012 negativ | Hohe CO ₂ -Belastung löst Krankheiten aus; BIP sinkt 10% jährl.; Stromverbrauch reduziert sich ab 2015 um 10% jährl. |
| K15 | Klimaneutral | Biogas-Heizkraftwerke (jährl. 7 TWh) laufen ab 2011 klimaneutral | Ab 2015 dürfen keine Stromerzeuger mit CO ₂ -Ausstoss mehr in Betrieb sein |
| K16 | Ressourcen | Dank neuer Energie-Ressourcen wird der gesamte Strombedarf bis 2080 gedeckt | Ressourcen-Knappheit tritt bereits ab 2020 ein; Strom-Engpässe ab 2021 |
| B20 | 2000 Watt-Gesellschaft | 50% der CH-Bevölkerung ab 2030 in der Norm der 2kW-Gesellschaft | Steigender Energiebedarf in der Schweiz von heute 6kW auf 12kW pro Haushalt bis 2020 |

| | | | |
|-----|---------------------------|---|--|
| B16 | Stromeffizienz der Geräte | Verbesserung der Stromeffizienz der Geräte ab 2012 Halbierung des Verbrauchs | Keine Verbesserung der Stromeffizienz; Verdopplung des Mehrverbrauchs ab 2015 |
| B14 | Mehr Geräte im Haushalt | Bis 2012 Verdopplung der Haushalt-Geräte; durch Effizienzsteigerung noch 50% Energieverbrauch | Bis 2012 Verdopplung der Geräte in Haushaltungen = doppelter Strombezug |
| K30 | Nullenergie Haus | Dank Nullenergie reduziert sich Haushaltsverbrauch bis 2020 um 50% | Sanierung von Nullenergie-Häusern ab 2024 mit jährl. Energieaufwendungen 1 TWh |
| B21 | Minergie | 50% der CH-Gebäude bis 2020 nach Minergie Standard saniert | Es werden ab 2008 keine Minergie-Häuser mehr gebaut |

3.3.7. Human Behaviour

| <i>Nr.</i> | <i>Treibende Kraft</i> | <i>Extrementwicklung +</i> | <i>Extrementwicklung -</i> |
|------------|---------------------------------------|--|---|
| A27 | Konsumverhalten | Bevölkerung in der Schweiz unterschreitet dank bewusstem Konsum in 2014 bereits die 2000-Watt-Tagesgrenze | Das CH-Volk kümmert sich nicht um Strom und konsumiert noch Jahre unbekümmert weiter |
| A6 | Stromverbrauchs-bewusstsein | Stromsparwut: ab 2012 Verbrauchsrückgang >5% | Verhaltensverhalten betr. Strom steigt ab 2008 jährlich um über 5% |
| B11 | Unbekümmertheit des Volkes | Genügend Geld, um Strom zu kaufen | Stromverbrauch bis 2020: „es hat solange es hat“ |
| B10 | Anpassung der Bevölkerung | Stromverbrauch wird pro Person bis 2017 um 50% gesenkt | Das Bevölkerungswachstum kompensiert die Reduktion des Stromverbrauchs |
| A1 | Nachhaltigkeit | Nachhaltigkeit wird ab 2013 umgesetzt sein; wir sparen 10% Energie ein | Das Volk versteht die Nachhaltigkeit nicht und kümmert sich <u>nie</u> darum |
| K8 | Überbevölkerung | Die Bevölkerung in EU bleibt über Jahre konstant oder nimmt leicht ab | EU wächst wegen Zuwanderungen in den nächsten 20 Jahren um 36% |
| K6 | Wirtschaftswachstum CH/EU/Ost/Süd | Gesundes Wirtschaftswachstum von jährlich 3,7% über die nächsten 10 Jahre | Das Wirtschaftswachstum sackt in der 2. Hälfte 2012 um 30% zusammen |
| B24 | Kommunikation unter Völkern / Ländern | Alle verstehen sich, Stromproduktion erfolgt da wo sie am effizientesten ist / einheitlicher EU-Preis gilt Europa-weit | Unstimmigkeiten, Eskalation, keine Lösungsorientierung; ab 2025 schaut jeder nur für sich |

3.3.8. Natur- / Oekoeinflüsse

| <i>Nr.</i> | <i>Treibende Kraft</i> | <i>Extrementwicklung +</i> | <i>Extrementwicklung -</i> |
|------------|------------------------|--|--|
| A22 | Unwetter | Unwetter bringen viel Wasser und garantieren den Wasserbedarf auf Jahre hinaus | Starke Unwetter zerstören 2008 mehrere Kleinkraftwerke, was zum Ausfall von 20% Stromproduktion bis 2020 führt |
| A28 | Umweltunfälle | Umweltunfälle gehen glimpflich aus und verursachen lediglich finanziellen Aufwendungen | In 2011 verursacht ein Unfall in der Nordsee eine Massenhysterie in der Bevölkerung |
| A24 | Klimaerwärmung | Klimaerwärmung erlaubt ab 2016 die effiziente Nutzung geothermischer Energien | Wegen Klimaerwärmung schwindet bis 2017 40% Wasser aus den Bergen |

| | | | |
|-----|--------------------|---|--|
| A10 | Gletscher | Dank härteren Wintern wachsen die Gletscher ab 2015 um 10% jährlich | In der Schweiz gibt's ab 2020 keine Gletscher mehr |
| A3 | Vulkanausbruch | Eine Vulkanausbruch offenbart die Chancen auf neue Heizquellen; Nutzbarmachung ab 2025 / 2035 | Wegen Vulkanausbruchs in 2012 erhöhen sich die Heizgradtage >10% Stromverbrauch jährlich |
| A12 | Verwüstung | Biologisches Wachstum (Pflanzen / Wälder) nehmen ab 2015 um 10% jährlich zu | Ab 2010 setzt die Bodenerosion ein: 10% pro Jahr = ab 2020 verwüstet |
| K12 | Welthunger / Essen | Die Nahrungsverteilung auf der ganzen Welt wird ab 2015 sichergestellt | Nahrungsmangel dezimiert die Weltbevölkerung (va. 3. Welt) bis 2020 um 40% |
| K4 | Pandemien | Die CH bleibt von Pandemien verschont | Eine Seuche zerstört 2011 massenhaft Natur / Vieh / Bevölkerung (ca. 25%) |

3.3.9. Machtmissbrauch

| Nr. | Treibende Kraft | Extrementwicklung + | Extrementwicklung - |
|------------|---------------------------------------|--|---|
| K5 | Menschlicher Egoismus | Die Menschen verstehen sich gut, Egoisten haben keine Chance | Egoisten halten neue Technologien zurück und behindern CH-Energiewirtschaft um 10 Jahre |
| A25 | Politische Machtkämpfe | Dank politischen Machtkämpfen erfolgt der Durchbruch zu sinnvoller Energieproduktion / -nutzung | Wegen polit. Machtkämpfen bleibt Energiepolitik stecken – Fortschritte sind blockiert |
| B27 | Gewinnstreben von Firmen / Investoren | Gewinne wachsen im zweistelligen %-Bereich | Viele Firmenkonkurse in den nächsten 10 Jahren |
| A21 | Rezession / Wirtschaftszusammenbruch | Ein Wirtschaftszusammenbruch in der CH führt zu einer 20%-igen Abnahme des Energieverbrauchs | Wegen Wirtschaftszusammenbruchs kann ab 2009 nur noch 70% Strom erzeugt und geliefert werden |
| A16 | Börsencrash | Bis 2030 gibt's keinen grossen Börsencrash | Ein Börsencrash in 2009 vernichtet Geld für Strom und Nahrung; es folgt Rezession, Hunger & Armut ab 2012 |
| K11 | Biologischer Raubbau | Grünabfälle gelangen in Biogas-Kraftwerken und tragen ab 2014 jährlich mind. 7 TWh zur Stromproduktion bei | Nutzlose Vernichtung von Holz, Grünabfällen, Kehrlicht etc. über Jahre |
| A15 | Computer Crash | Bis 2030 gibt's keinen Crash der Computer | Wegen Crash ist ab 2015 die grossflächige Stromverteilung unmöglich |
| A17 | Terror | Bis 2030 erfolgen keine Terror-Anschläge | In 2015 erfolgen 3 Terror-Anschläge auf die Strom-Infrastruktur |
| A26 | Missbrauch von Technologien (Atom) | Dank grossen Sicherheitsvorkehrungen wird ein Atom-Missbrauch ab 2009 völlig ausgeschlossen | Der Nahe Osten droht im März 2013 mit grossem Atom-Terror in Europa und legt Stromverteilung lahm |
| K14 | Nuklearkatastrophe | Nuklearenergie wird ab 2017 katastrophensicher, ebenso radioaktive Abfälle | Eine Nuklearkatastrophe zerstört 2015 weite Teile der Schweiz |
| A5 | Radioaktive Verseuchung | Keine AKW-Unfälle mehr; AKWs werden ab 2015 gesellschaftsfähig | Kein sinnvolles Leben mehr in der Schweiz wegen AKW-Unfall 2015 |

3.4. ANALYSE DER TREIBENDEN KRÄFTE / CLUSTER-TEST MIT URSACHEN UND EFFEKT

Nun stellen wir die zueinander passenden treibenden Kräfte zusammen in Gruppen, wie in vorstehender Übersicht bereits vorweggenommen. Zwischen den treibenden Kräften innerhalb eines Clusters bestehen bestimmte Verbindungen, dies können empfundene Ursachen / Effekt-Beziehungen oder chronologische Beeinflussungen / Abfolgen sein. Diese Beziehungen versuchten wir zu analysieren, diskutierten deren Einflüsse und vergaben jedem Cluster einen passenden Titel. Im Anhang A finden sich die 9 gemachten Bilder. Zum allgemeinen Verständnis sind die 9 Clusters in nachfolgender Tabelle übersichtlich näher präzisiert.

| Cluster | Begriffsdefinition |
|---------------------------|---|
| Bestehende Energiesysteme | Zum heutigen Zeitpunkt bekannte und bewährte Technologien zur Stromgewinnung mit vorhandener Effizienz. (Wasser, Öl, Gas, Sonne, Wind, Uran) |
| Neue Technologien | Mögliche Effizienzsteigerung von aktuellen Technologien (Solar, Wind, Geo) zur Stromproduktion sowie Stromgewinnung durch neue, bisher noch unbekannte Technologien |
| Versorgungssicherheit | Die Gewährleistung, dass alle Enduser (Haushalte, Gewerbe, Industrie, Landwirtschaft und Verkehr) über genügend elektrischen Strom verfügen. |
| Monetär | Preis- oder Kosteneinflüsse im Energiesektor |
| Staatlicher Einfluss | Staatseinflüsse, die die heute geltende Rechtsordnung in der Energiebewirtschaftung verändern kann |
| Grüner Aspekt | Das Augenmerk liegt auf dem Schutz unseres Umwelt-Klimas (CO ₂), resp. einer möglichen Stromeinsparung |
| Human Behaviour | Das Bewusstsein der Energieproblematik im Volk und sein Verhalten mit Auswirkung auf die Zukunft |
| Natur- / Oekoeinflüsse | Umwelteinflüsse, die nicht direkt von Menschen kontrolliert werden können und ein erhebliches Risiko für die Menschheit darstellen. |
| Machtmissbrauch | Durch Menschen bewusst oder unbewusst ausgelöste Umweltstörungen oder Einflüsse auf von Menschen geschaffenen und kontrollierten Einrichtungen |

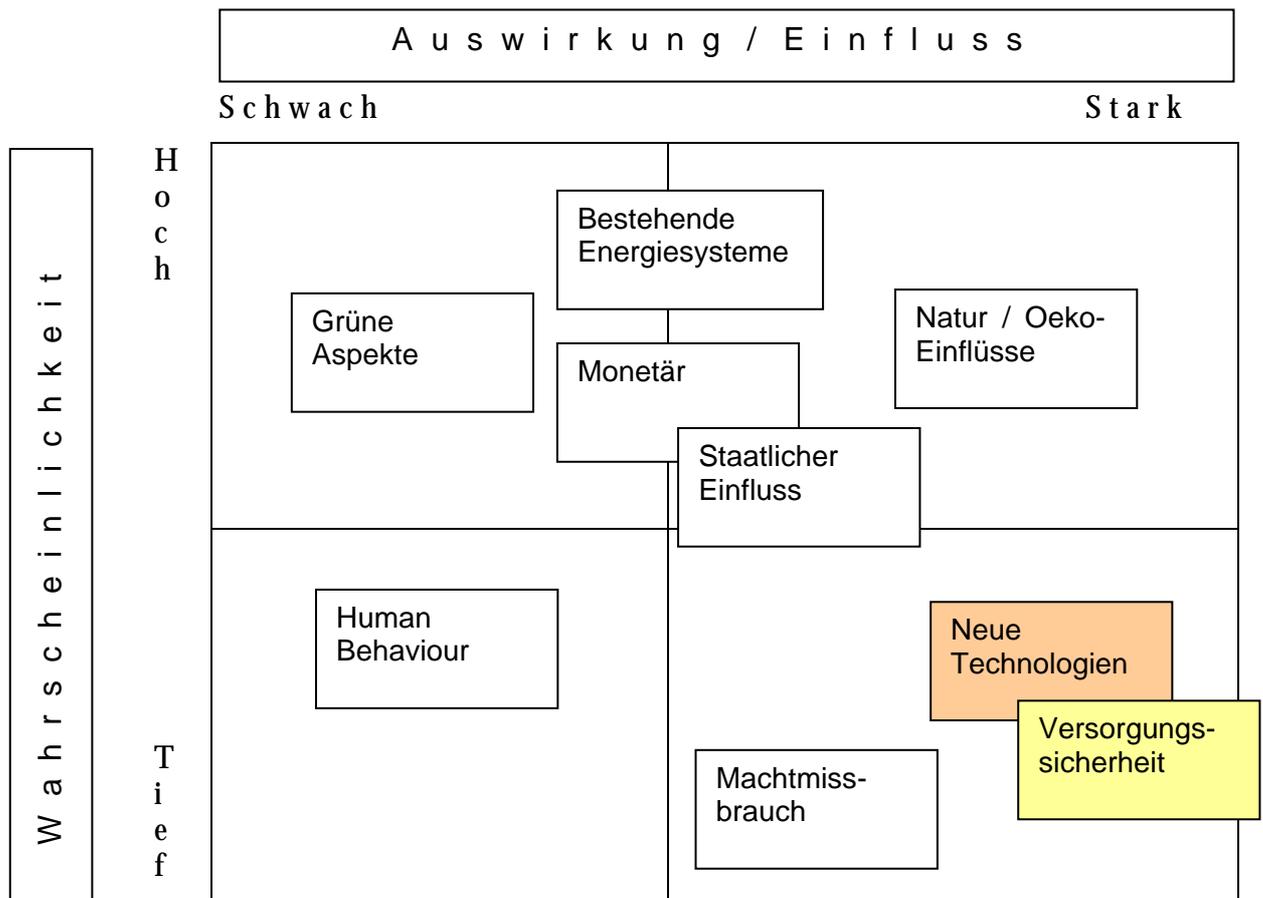
3.5. AUSWIRKUNGS- / UNSICHERHEITS-ANALYSE

Wir nahmen die 9 Cluster-Titel und teilten sie in einer 4-Felder-Matrix mit den in dieser Analyse vorgegebenen Achsen „Wahrscheinlichkeit“ und „Einfluss/Auswirkung“ einem der 4 Felder zu. Diese Unterordnung erfolgte aufgrund unserer Einschätzung, mit welcher Wahrscheinlichkeit sie zutreffen und wie stark deren Auswirkung auf die Stromentwicklung in der Schweiz sein könnte. Dabei hatten wir längere Diskussionen, da diese Zuordnung nicht gerade einfach von der Hand ging, resp. unsere Meinungen anfänglich uneins waren.

Für hohe Wahrscheinlichkeiten, die ohnehin eintreten, brauchen wir keine Szenarien zu bilden, ebenso wenig für schwache Auswirkung = kaum Einfluss. Somit konzentrieren wir uns auf die beiden am weitesten zur rechten unteren Ecke liegenden Cluster (Ecke starke Auswirkung / tiefe Wahrscheinlichkeit), da lohnt sich ein Szenario abzubilden.

Im entsprechenden Feld befinden sich 3 Cluster-Titel. Wir entschieden, dass uns die starke Auswirkung wichtiger erscheint als die tiefe Eintretenswahrscheinlichkeit, somit werden wir uns mit „Neue Technologien“ und „Versorgungssicherheit“ weiter befassen.

Das aufgenommene Bild befindet sich in Anhang B, zur Übersicht dient nachfolgendes Raster.



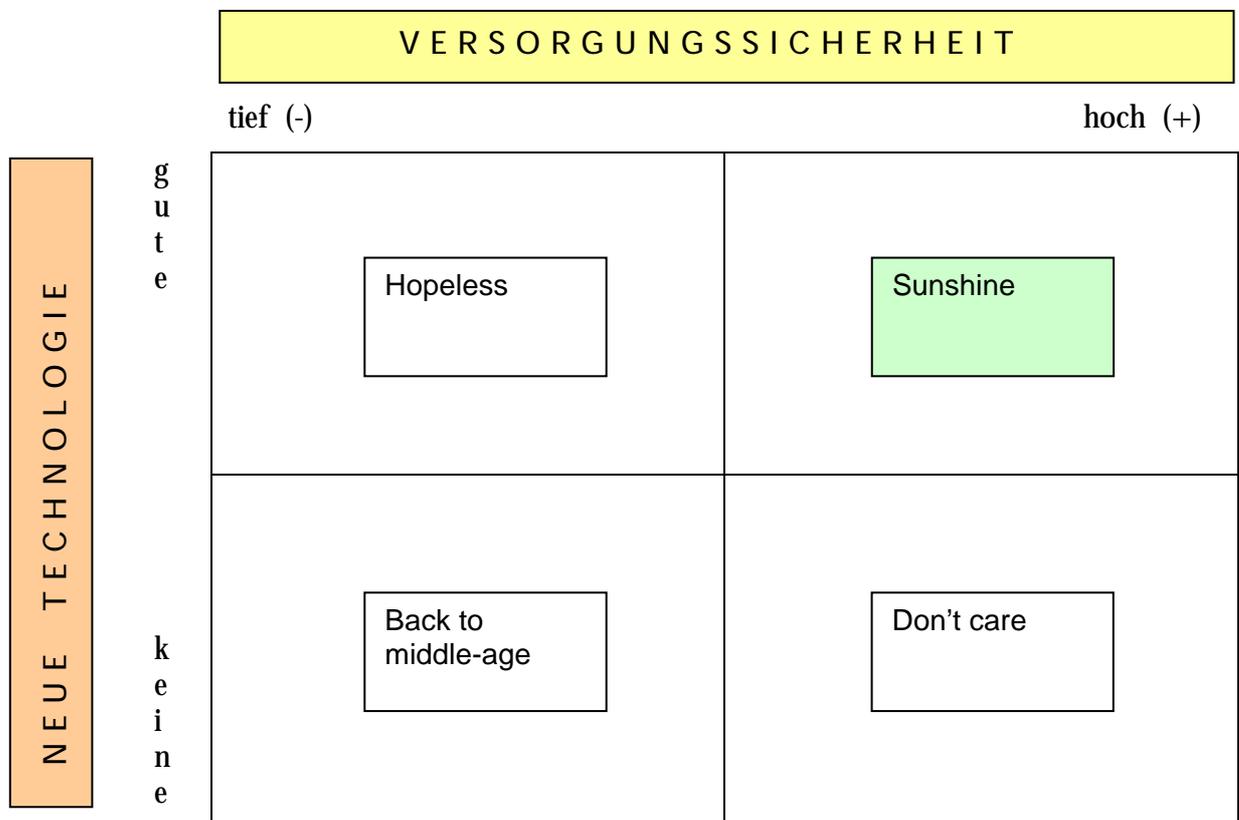
3.6. BILDEN DER SZENARIEN

In einer weiteren 4-Felder-Matrix werden nun diese zwei Cluster-Titel "Neue Technologien" und "Versorgungssicherheit" als bestimmende Bezeichnungen für die beiden Achsen angeordnet und mit einem "plus" (+) und "minus" (-) bezeichnet, dh. gute / keine Technologie-Entwicklung resp. hohe / tiefe Versorgungssicherheit.

Jedes der 4 Teilfelder erhält eine kreative, passende Bezeichnung. Anhand der gegebenen, eher technisch gelagerten Clusters entschieden wir uns für die folgenden Namen:

- Sunshine Hohe Versorgungssicherheit dank neuen Technologien sollen eine sorgenfreie Zukunft ermöglichen
- Hopeless Gute Technologien, trotzdem keine Versorgungssicherheit
- back to middle-age Keine Technologien, keine Versorgungssicherheit, wie damals 1765
- don't care Was interessiert uns die Zukunft, wir haben hohe Versorgungssicherheit auch ohne neue Technologie

Die erarbeiteten Extrementwicklungen wurden anhand ihrer besten Zuordnung in diesem Kreuz einem der 4 Felder zugeteilt, was zu einigen Diskussionen führte. Unklare Extrementwicklungen wurden kopiert und dadurch zwei passenden Feldern zugewiesen. So erhielten wir die 4 Szenarien mit ihren Inhalten analog der Titel. (Bild im Anhang C und D)



3.7. SZENARIO – BEURTEILUNG

Aufgrund unserer positiven Grundhaltung zur Energiewirtschaft und zum Stromverbrauch insbesondere sowie der aktuellen Notwendigkeit, Massnahmen einzuleiten, wählten wir das Szenario "SUNSHINE" aus. Durch die in eine chronologische Reihenfolge entsprechend ihrer Zeitangaben gebrachten Extrementwicklungen entwickelten wir eine Geschichte dazu.

Die in unserem Szenario festgestellte, zeitliche Entwicklung erscheint uns in der Nachbetrachtung als eher zu kurzfristig, dem zeitlichen Aspekt im Verlauf unseres Szenarios müsste in einer vertieften Überarbeitung weitere Beachtung geschenkt werden. Ebenfalls wären die Kapazitätsangaben (MWh/GWh/TWh) in die entsprechend technisch möglichen Relationen umzurechnen.

Zudem setzten wir so genannte Meilensteine, die für den Fortgang der Geschichte relevant sind und erreicht werden sollten, um dem Szenario und dem Strommarkt in der Schweiz den gewünschten Effekt zu verleihen. (Bild im Anhang E)

3.7.1. Meilensteine

- Energieminister Leuenberger initiiert erfolgreich seinen Aktionsplan "Erneuerbare Energie" und "Energieeffizienz" und stellt staatliche Finanzmittel zur Verfügung.
- Die Sprengung von weiteren finanziellen Mitteln von über 2 Milliarden Franken in 2010, sowie der 1 Jahr später erfolgte politische Durchbruch bei der sinnvollen Energieproduktion / -nutzung.
- Die insgesamt 26 Massnahmen "Erneuerbare Energie" und "Energieeffizienz" sind vollumfänglich umgesetzt, die Schweiz will von der EU unabhängig sein und den Status des „Selbstversorgers“ in der Stromwirtschaft erreichen.
- 2016 werden neue Materialien gefunden, die sich auf die Stromproduktion positiv auswirken.
- Die Schweizer Haushalte versorgen sich ab 2020 selber mit Strom, sie sind unabhängig.
- Industrie / Gewerbe / Dienstleistungen / Landwirtschaft und Verkehr beziehen Strombedarf zu 100% aus inländischer Stromproduktion.

4. ERGEBNISSE / CONCLUSION

Energieminister und Bundesrat Leuenberger ruft am 3.9.2007 den Aktionsplan¹⁹ "Energieeffizienz" und "Erneuerbare Energien" ins Leben und setzt umgehend 300 Millionen Franken frei für Forschung und Investitionen in Energieanlagen.

Dadurch wird noch in 2007 mit dem Bau der ersten 1000 Windkraftwerksanlagen in den Bergen und im Jura begonnen, diese produzieren ab 2008 jährlich je über 600 MWh Strom. Ebenso werden Biogas-Heizkraftwerke erstellt, die ab 2011 jährlich 7 TWh Strom herstellen und dies erst noch klimaneutral. Durch konsequente Zuführung von Grüngutabfällen in die Biogas-Heizkraftwerke wird die Stromeffizienz ab 2014 noch gesteigert.

Die positiven Resultate der Windenergiegewinnung wie auch der Forschung, die in 2010 erreicht, dass die Kernfusion gefahrlos industriell und 10-mal effizienter genutzt werden kann, führt ab diesem Jahr zu weiteren Investitionen von jährlich über 2 Milliarden Franken und im Parlament zu politischen Machtkämpfen. Hier setzen sich die Grünen mit CVP und SP aber gegen die FDP-/SVP-Front durch, worauf 2011 der Durchbruch bei der sinnvollen Energieproduktion / -nutzung erfolgt. Dieses Modell sorgt sogar EU-weit für Furore.

Alle verstehen sich, dass in Europa der Strom da produziert wird, wo er am effizientesten ist, zudem soll ein einheitlicher EU-Strompreis gelten, der jedoch wesentlich über dem Schweizer Preis liegt.

Fast unbemerkt erfindet 2011 ein Herr Edison-2 eine Lampe, die mit nahezu 0 Watt knapp genügend Licht spendet. Dank Forschungsaufträgen werden Technologien wirksamer und tragen ab 2013 15% zur ökologischen Stromgewinnung bei, zudem ist 2015 die ganze Nachhaltigkeit umgesetzt, was zu weiteren Energieeinsparungen von 10% gegenüber 2006 führt. Bereits im Jahr 2015 sind dadurch die 2007 verabschiedeten 8 Massnahmen "Erneuerbare Energie" wie auch die 18 Massnahmen "Energieeffizienz" vollumfänglich umgesetzt.

Zusammen mit weiteren technischen Erfolgen, wie zB. der Erhöhung des Wirkungsgrades in Solar (Photovoltaikpanels) auf über 90%, der machbaren kostengünstigen Verflüssigung und Transportierung von unter anderem „abgefackeltem“ Gas, sowie der kostengünstigen Speichermöglichkeiten von Strom kann sich die Schweiz auf den Stand des „Selbstversorgers“ erheben. Damit wird ein politischer Kompromiss geschlossen, die Schweiz will von der EU unabhängig sein, die Stromkosten bleiben bis 2018 weiterhin im heutigen Rahmen.

Ebenfalls noch in 2015 werden Bauordnungen geändert und angepasst sowie Subventionen für private Stromerzeugung von 1 Fr./kWh gesprochen, was zu weiterem Ausbau der Solar- und Windenergiegewinnung in der Schweiz führt. Bis 2020 werden über 100'000 m² mit Solar (Photovoltaikpanels), resp. 10'000 Windturbinen aufgestellt, Tendenz steigend.

Staatliche Investitionen ermöglichen 2016 die Entdeckung von neuen Materialien, die die Stromproduktion positiv beeinflussen. Durch diese revolutionären Materialien wird die Stromerzeugung ab 2020 günstiger als mit Wasser und Nuklear. Diese Materialien führen sogar zur so genannten Nullenergie, bis 2020 ist der Stromverbrauch der Schweizer Haushalte um 50% reduziert, dh. die 2000-Watt-Gesellschaft ist 2020 zu 50% erreicht.

Fazit: **die schweizerischen Haushalte versorgen sich ab 2020 selber mit Strom**, was einer Bestätigung des CH-Modells gleichkommt, es ist ein voller Erfolg.

¹⁹ 8 Massnahmen „Erneuerbare Energie“ und 18 Massnahmen „Energieeffizienz“

Durch die effiziente Nutzung der globalen Klimaerwärmung zu geothermischer Energie schaffen diese geothermischen Kraftwerke, auch dank neuer Materialien den Durchbruch und steuern ab 2017 etwa 14% zur gesamten Energieproduktion bei.

Die Tatsache, dass in AKWs keine Störunfälle mehr aufgetreten sind, lässt die Nuklearkraftwerke massiv an Vertrauen in diese Technologie zulegen, weitere Neuinvestitionen in diese Technologie werden ausgelöst und ab 2017 gilt die Nuklearenergie inkl. radioaktiver Abfälle als katastrophensicher.

Diese beiden Technologien tragen dazu bei, dass Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen, Landwirtschaft und Verkehr zu 100% mit inländischem Strom gedeckt ist, der bisher importierte Atomstrom aus Frankreich wird nicht mehr benötigt, die auslaufenden Verträge stellen kein Problem dar.

Wir leben nun mit der schönen Erkenntnis, dass unser Energiebedarf (mit Stand 2020) bis 2080 gedeckt scheint, zumal bereits früher initiierte Forschungsaufträge auch nach 2020 noch Erfolge nach sich ziehen, so wird beispielsweise die Reibung von Fahrzeugreifen in Energie umgewandelt und unterstützt die Hybridtechnik in den Fahrzeugen, dadurch kann der Verbrauch von Benzin / Diesel sogar in SUVs und LKWs²⁰ massiv gesenkt und insgesamt etwa 10% des gesamten Energiebedarfs²¹ eingespart werden. Aber auch die durch Lawinenniedergänge ausgelöste Energie kann umgewandelt werden und deckt etwa 5% des Strombedarfs im Winter.

Ein Vulkanausbruch in früheren Jahren bot die Chancen, neue Heizquellen zu erschliessen, die Nutzbarmachung dieser Art von Energiegewinnung erfolgt irgendwann zwischen 2025 und 2035. Damit stehen wir ab 2040 in der komfortablen Lage, dass durch die neuen Technologien gänzlich auf Atomstrom und den damit zusammenhängenden Uran-Import verzichtet werden kann. Zudem ist die Kernfusion zwischenzeitlich derart ausgereift und massentauglich, dass auch von dieser Seite genügend Strom produziert werden kann.

5. LITERATURNACHWEIS

| | |
|----------------|---|
| Axpo | Studie Stromperspektive 2020; 4. Juli 2007 |
| BFE (2007) | Bundesamt für Energie: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2006 |
| BFE (2007) | Bundesamt für Energie: Ermittlung des Stromgrosshandelspreises im Schweizer Strommarkt, 22.5.2007 |
| EnG | Energie Gesetz vom 26. Juni 1998, Art. 7 (revidiert Frühjahr 2007) |
| StromVG | Stromversorgungs Gesetz |
| IEA | International Energy Agency, Key world energy statistics 2007 |
| A. Kähler, EKZ | Vortrag „Basiswissen Energiewirtschaft“ vom 9. Juli 2007 |
| BR Leuenberger | Aktionsplan Energieeffizienz und Erneuerbare Energien vom 3.9.2007 |

²⁰ SUV= Sport Utility Vehicle; LKW = Lastkraftwagen, beides sind Fahrzeuge mit erhöhtem Treibstoffverbrauch

²¹ Zum Energiebedarf zählen Erdölbrennstoffe (25%), Treibstoffe (32%), Gas (12%), Elektrizität (23% und übrige (8%)

6. GLOSSAR

| | | |
|------|--|--|
| EnG | Energiegesetz | |
| BFE | Bundesamt für Energie | www.bfe.admin.ch |
| BFS | Bundesamt für Statistik | www.bfs.admin.ch |
| seco | Staatssekretariat für Wirtschaft | www.seco.admin.ch |
| VSE | Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen | www.vse.ch |
| UCTE | Union for the Coordination of Transmission of Electricity (Europäische Union für die Koordinierung der Erzeugung und des Transports elektrischer Energie und umfasst vor allem das europäische Festland) | |
| SWEP | Swiss Electricity Price Index (Schweizerische Elektrobörse) | |
| Axpo | Schweizer Stromkonzern (in der Axpo sind die Werke der NOK, CKW, EGL und der Axpo zusammengefasst; es fehlen ATEL, EOS, BKW, ewz) | |
| NOK | Nordostschweizerische Kraftwerke AG | |
| CKW | Centralschweizerische Kraftwerke AG | |
| EGL | Elektrizitätsgesellschaft Laufenburg AG | |
| ATEL | Aare - Tessin AG für Elektrizität | |
| EOS | Energie Ouest Suisse | |
| BKW | Bernische Kraftwerke AG | |
| EKZ | Elektrizitätswerke des Kantons Zürich | |
| ewz | Elektrizitätswerk der Stadt Zürich | |
| EDF | Electricité de France (Liefervertrag Kernkraftwerk) ¾ der Stromproduktion erfolgt aus Kernenergie | - www.edf.fr |
| sda | Schweizerische Depeschen Agentur | www.sda.ch |
| NOAA | National Oceanic & Atmospheric Administration, USA | www.noaa.org |
| BHKW | Blockheizkraftwerk (Anlage zur Erzeugung von elektr. Strom und Wärme) | |

7. DEFINITIONEN

| | |
|-----------------|---|
| Landesverbrauch | Gesamter Verbrauch der Haushalte, Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen, Industrie und des Verkehrs (inkl. Übertragungs- und Verteilverluste) |
| Endverbrauch | Landesverbrauch abzüglich Übertragungs- und Verteilverluste |
| Landeserzeugung | Brutto: Gesamte Erzeugung aller inländischen Kraftwerke |
| BIP | Brutto-Inland-Produkt (= alle im Inland erzeugten Waren und Leistungen) |
| Merit order | beschreibt die Grenzkostenkurve verschiedener Kraftwerkstypen, dank welcher für jede Bedarfssituation die Wholesalepreise berechnet werden können |

| | |
|----------------|---|
| Primärenergien | Auf der Erde in fester, flüssiger oder gasförmiger Form natürlich vorkommenden Kohlenwasserstoffe, in erster Linie als fossile Energieträger wie Kohle, Erdöl, Erdgas, Torf, Holz und Uran. |
| Photovoltaik | Photovoltaische Zellen (Solar) wandeln die Sonnenenergie direkt in elektrische Energie um. |
| Redundanz | Redundanz bezeichnet allgemein das mehrfache Vorhandensein funktions-, inhalts- oder wesensgleicher Objekte. |

7.1. VERWENDETE STROMTECHNISCHE ABKÜRZUNGEN

Arbeitseinheiten

| | | | |
|-------|---|------------------|-------------------|
| 1 kWh | = | 1 Kilowattstunde | |
| 1 MWh | = | 1 Megawattstunde | = 1000 kWh |
| 1 GWh | = | 1 Gigawattstunde | = 1 Million kWh |
| 1 TWh | = | 1 Terawattstunde | = 1 Milliarde kWh |

Leistungseinheiten

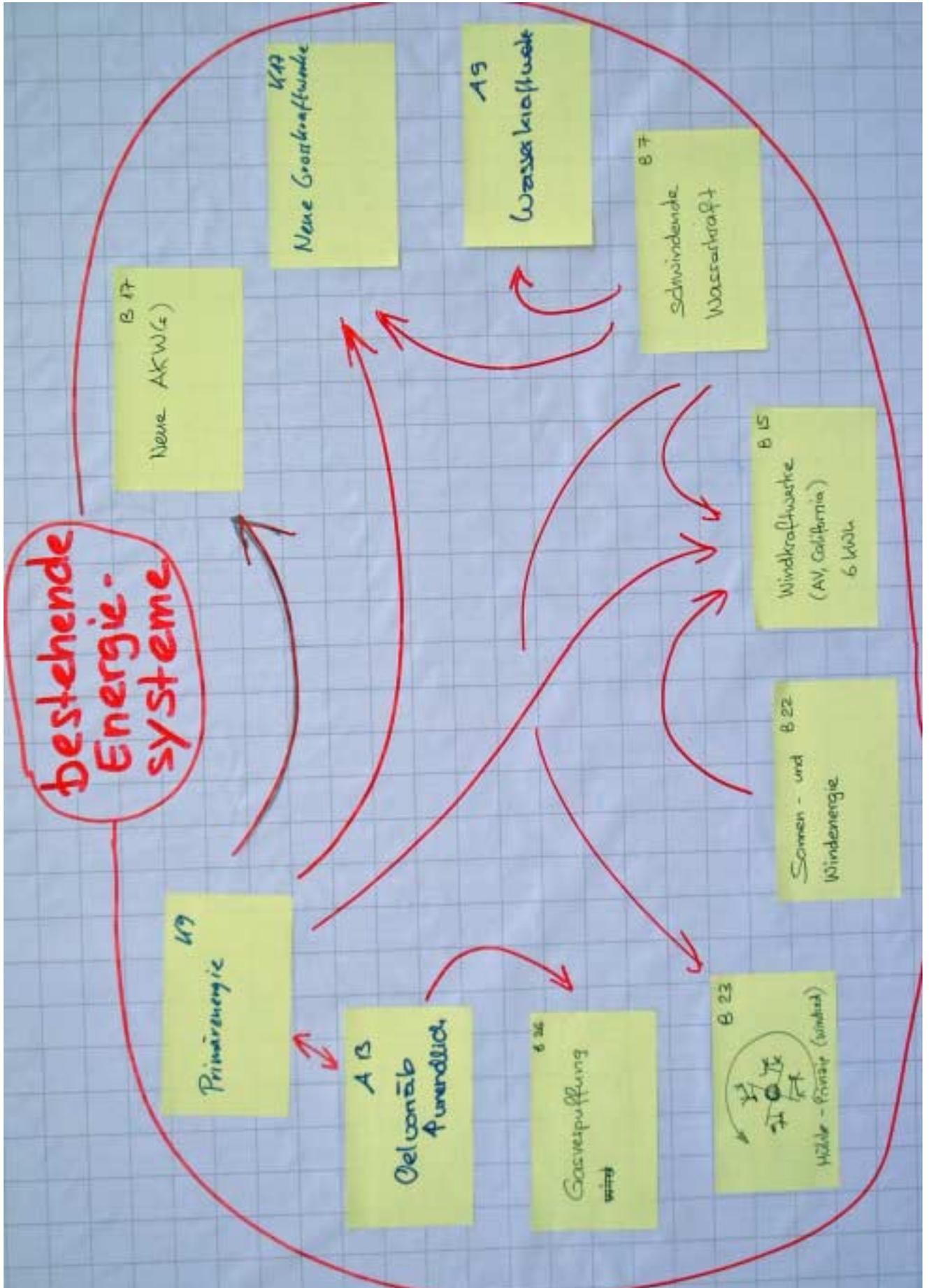
| | | | | | | |
|------|---|------------|---|-----------|---|--------------|
| 1 kW | = | 1 Kilowatt | = | 1000 Watt | | |
| 1 MW | = | 1 Megawatt | = | 1000 kW | | |
| 1 GW | = | 1 Gigawatt | = | 1000 MW | = | 1 Million kW |

Was entspricht wie viel?

| | | |
|-------|---|--|
| 1 kWh | = | eine Stunde bügeln |
| 1 GWh | = | Stromproduktion des Kernkraftwerkes Beznau in 84 Minuten |
| | = | Jahresstromproduktion einer grossen Bio-Gas-Anlage |
| 1 TWh | = | Stromverbrauch der Stadt Bern in einem Jahr |
| | = | Stromverbrauch der Schweiz in 6 Tagen |

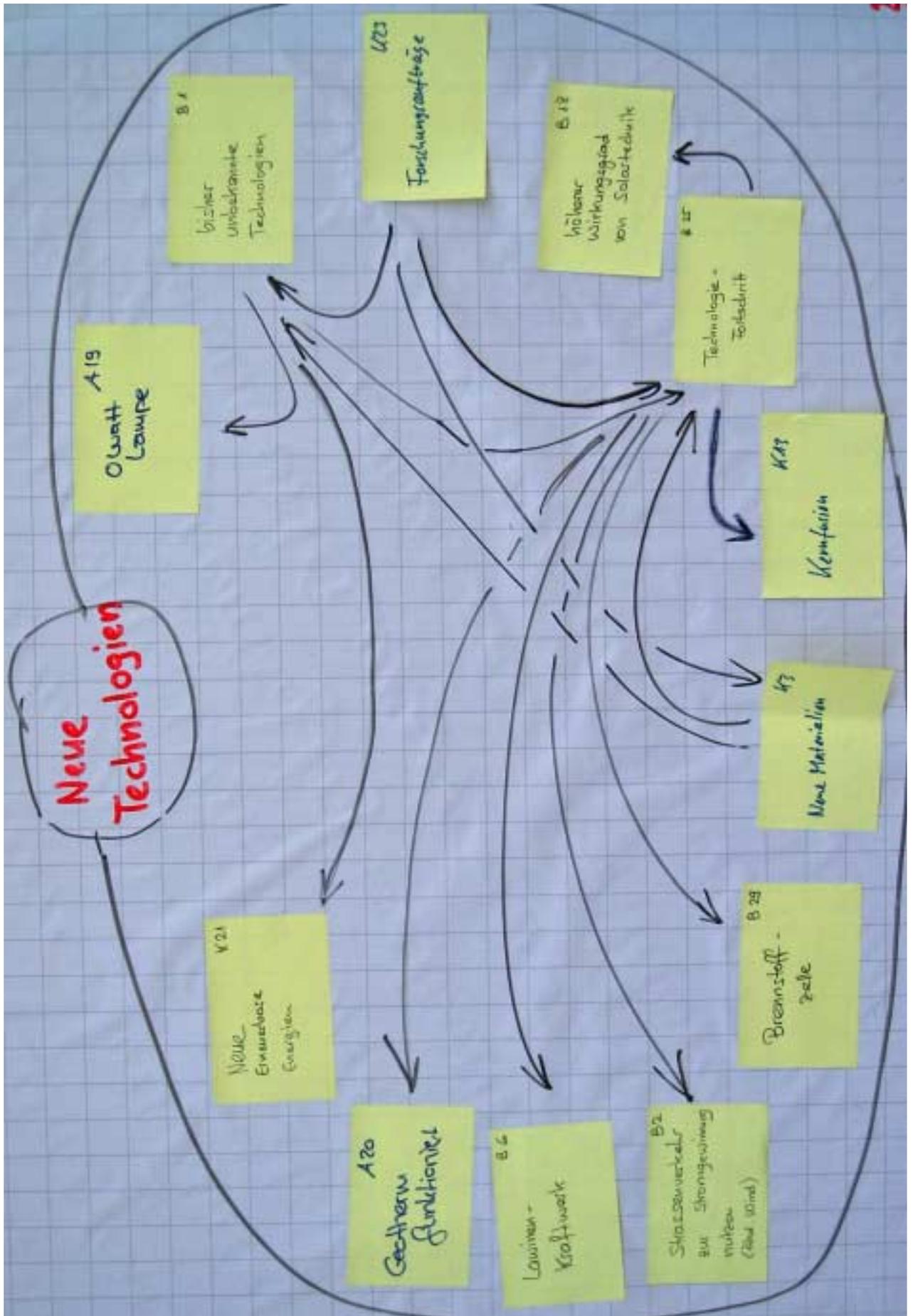
Bruno Däppen, 6276 Hohenrain LU;
Karl Hintermeister, 8104 Weiningen ZH;
Andreas Hohl, 5073 Gipf-Oberfrick AG

HFNDS 1/06 B FHK



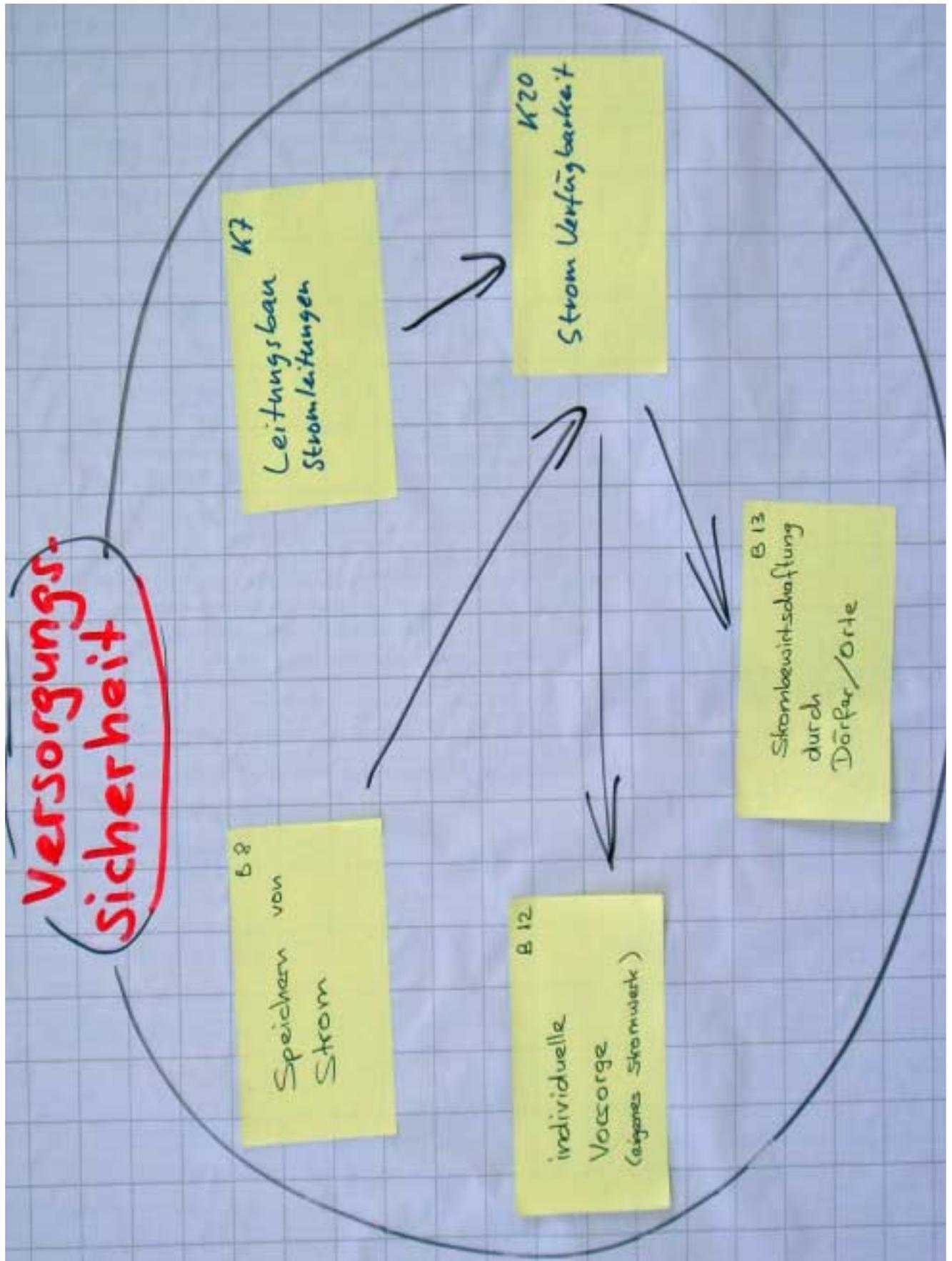
Bruno Däppen, 6276 Hohenrain LU;
Karl Hintermeister, 8104 Weiningen ZH;
Andreas Hohl, 5073 Gipf-Oberfrick AG

HFNDS 1/06 B FHK



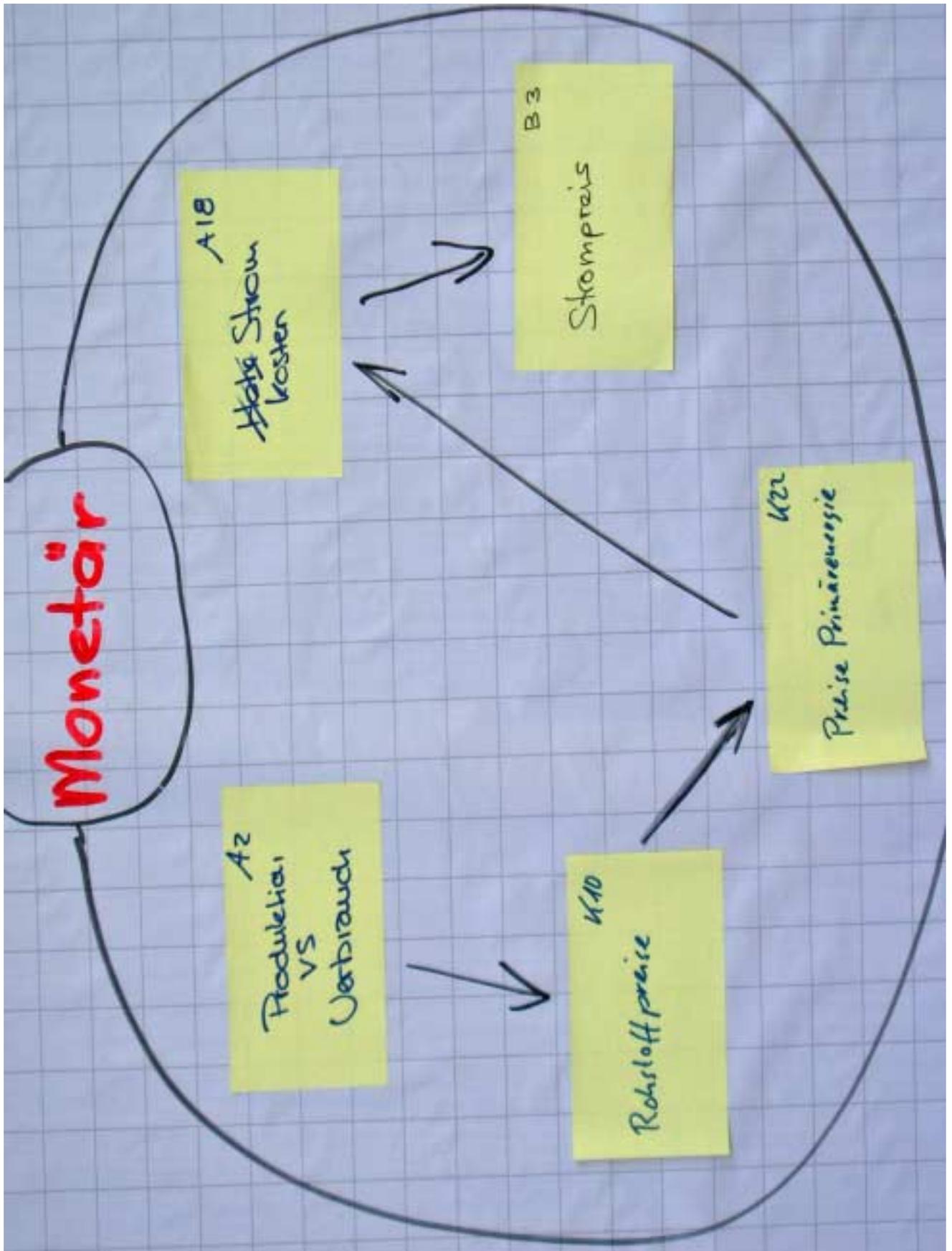
Bruno Däppen, 6276 Hohenrain LU;
Karl Hintermeister, 8104 Weiningen ZH;
Andreas Hohl, 5073 Gipf-Oberfrick AG

HFNDS 1/06 B FHK



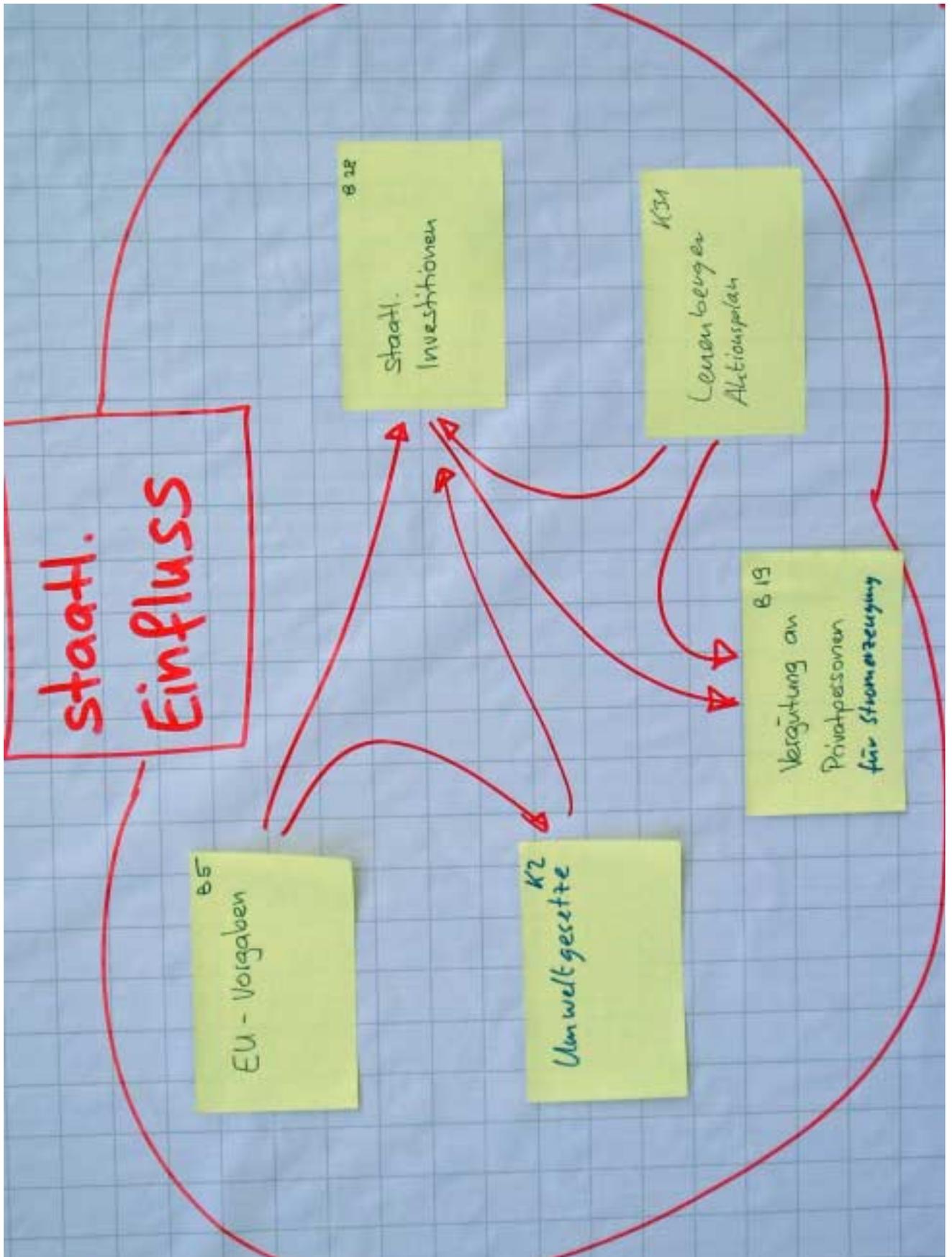
Bruno Däppen, 6276 Hohenrain LU;
Karl Hintermeister, 8104 Weiningen ZH;
Andreas Hohl, 5073 Gipf-Oberfrick AG

HFNDS 1/06 B FHK



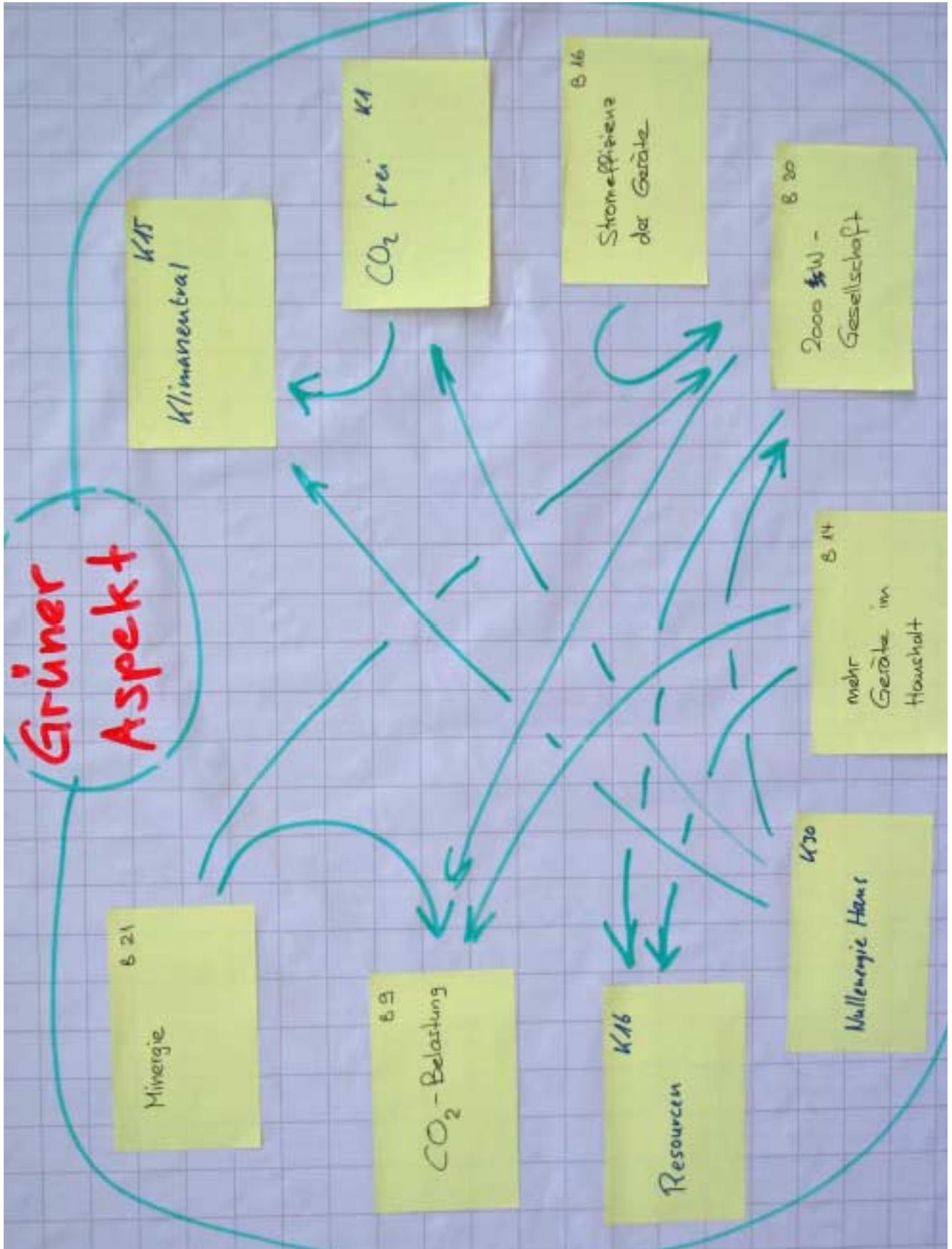
Bruno Däppen, 6276 Hohenrain LU;
Karl Hintermeister, 8104 Weiningen ZH;
Andreas Hohl, 5073 Gipf-Oberfrick AG

HFNDS 1/06 B FHK



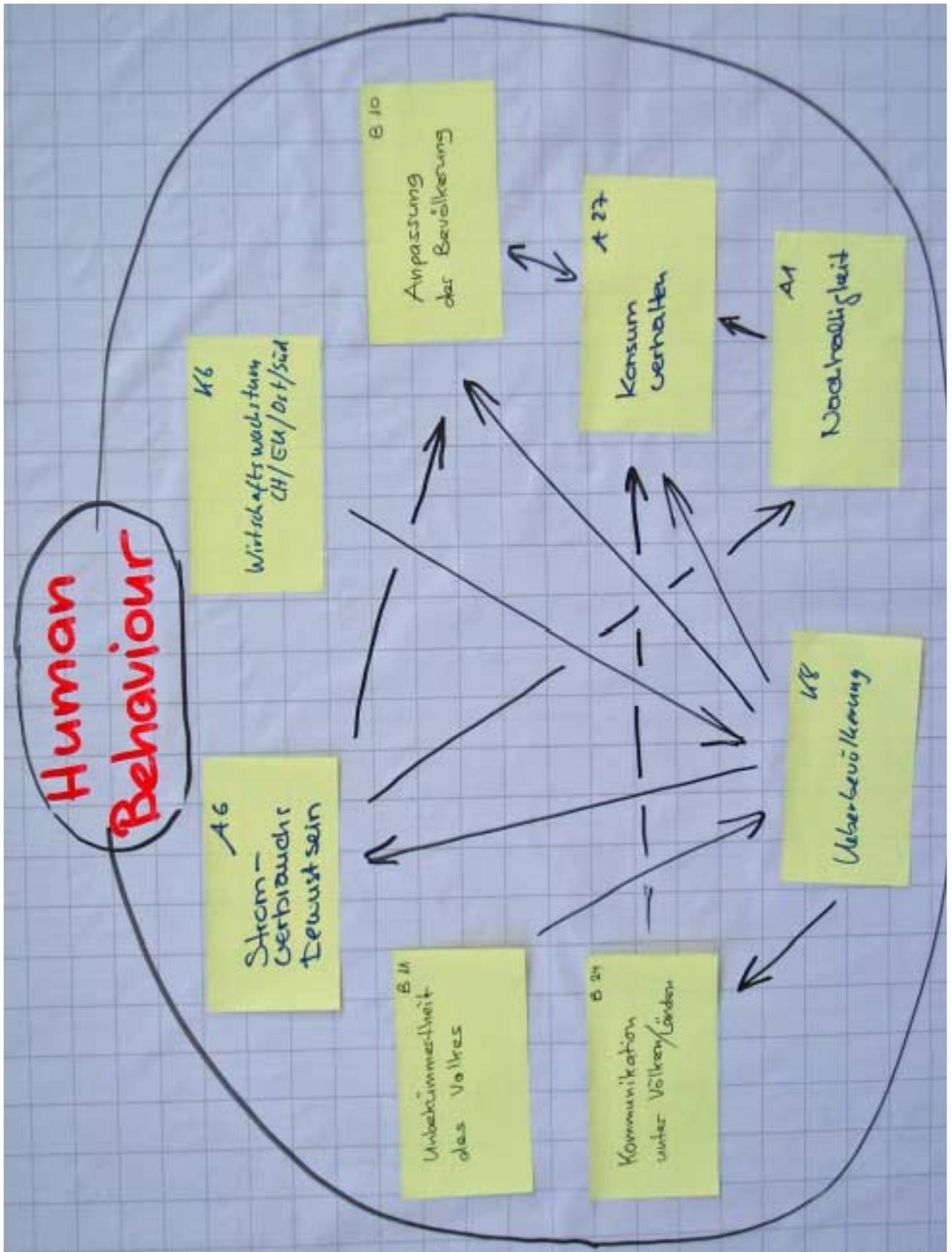
Bruno Däppen, 6276 Hohenrain LU;
Karl Hintermeister, 8104 Weiningen ZH;
Andreas Hohl, 5073 Gipf-Oberfrick AG

HFNDS 1/06 B FHK



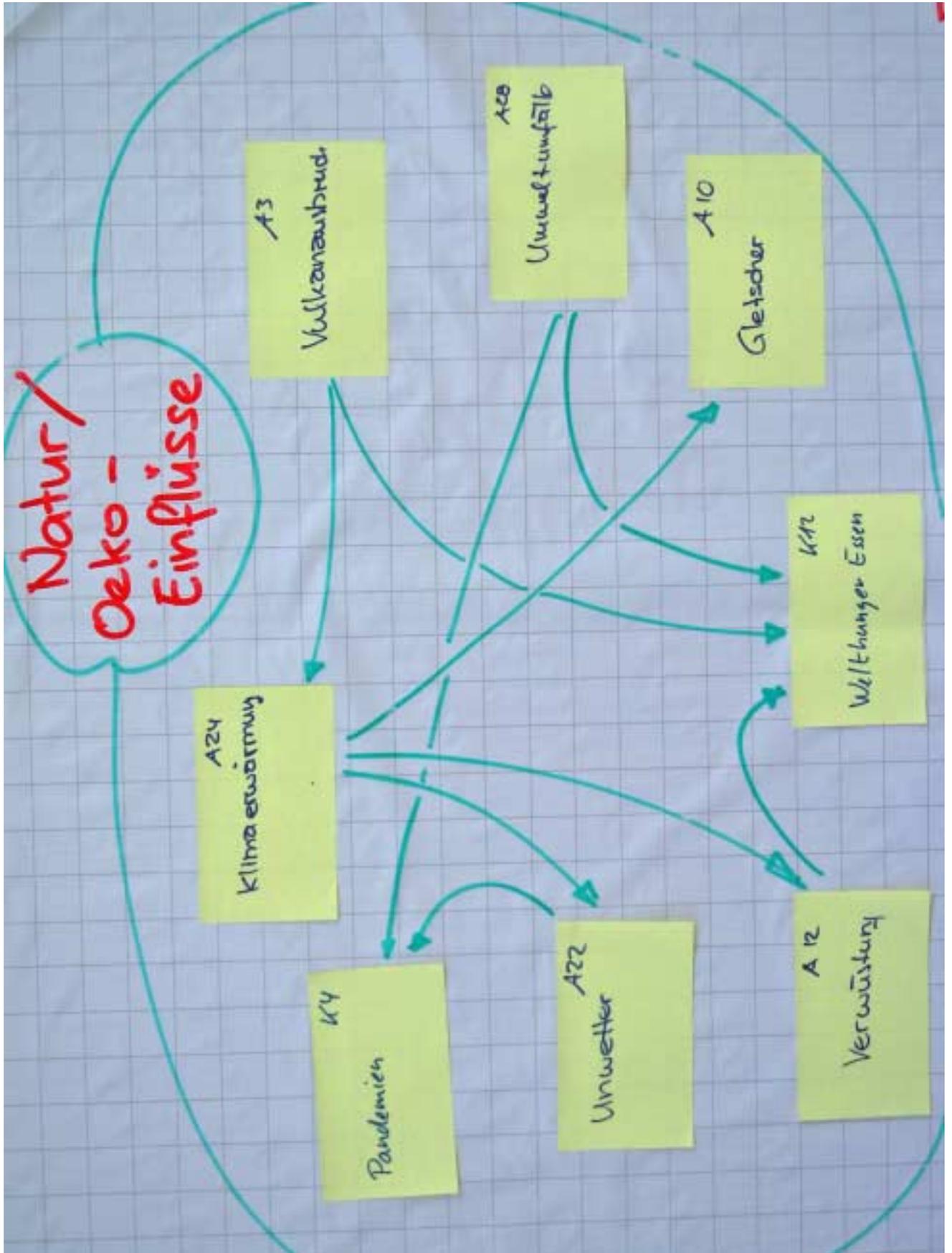
Bruno Däppen, 6276 Hohenrain LU;
Karl Hintermeister, 8104 Weiningen ZH;
Andreas Hohl, 5073 Gipf-Oberfrick AG

HFNDS 1/06 B FHK



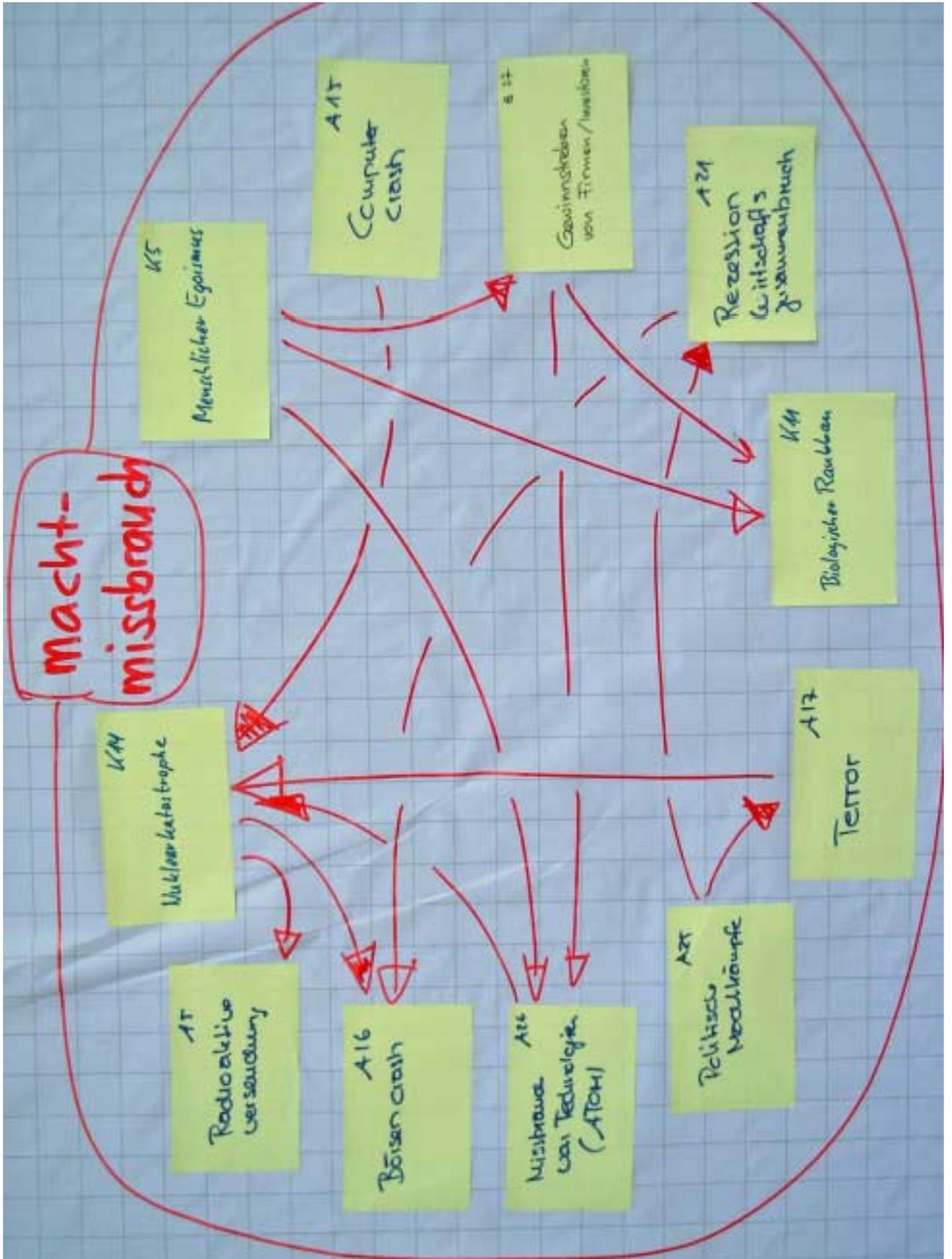
Bruno Däppen, 6276 Hohenrain LU;
Karl Hintermeister, 8104 Weiningen ZH;
Andreas Hohl, 5073 Gipf-Oberfrick AG

HFNDS 1/06 B FHK



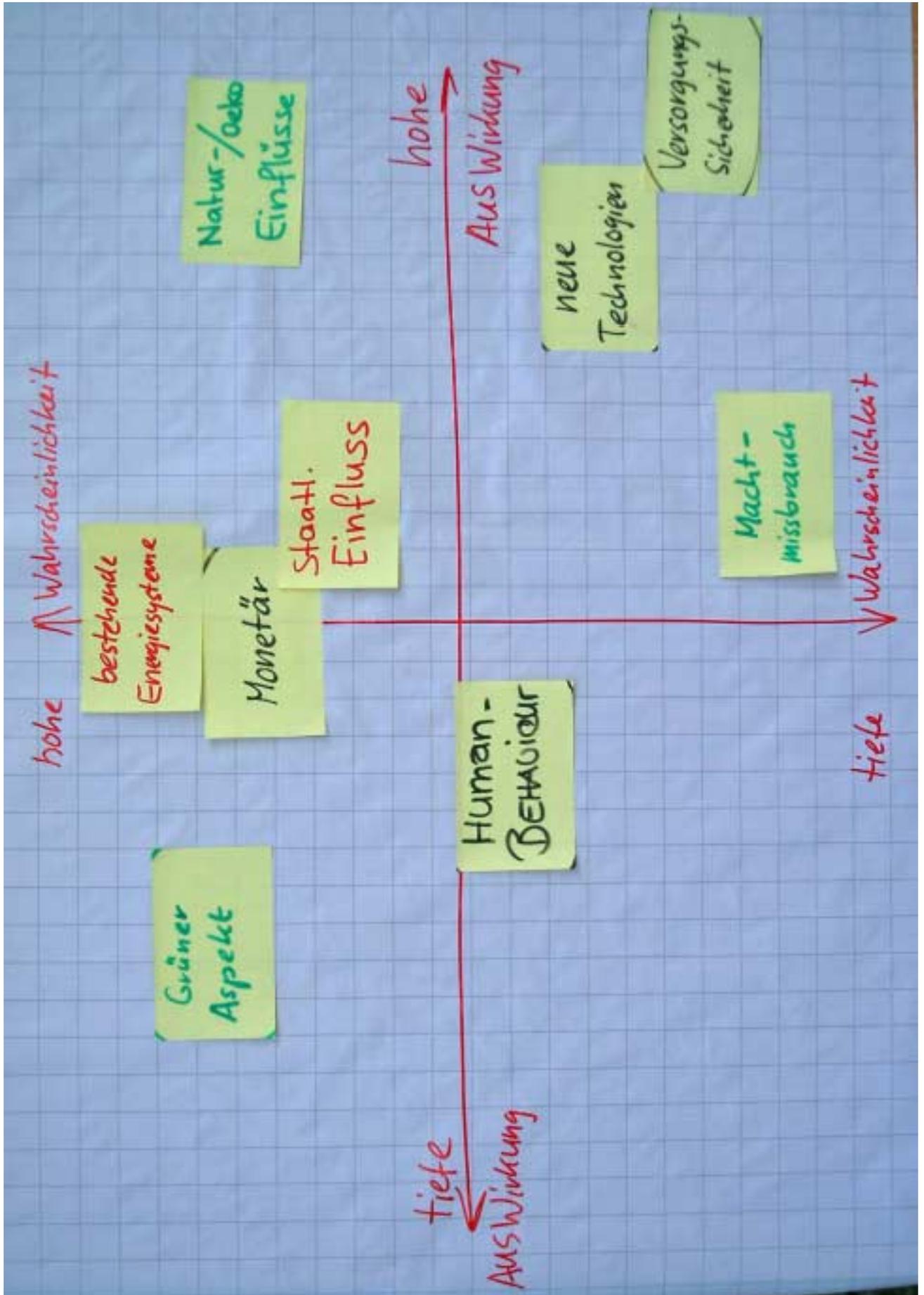
Bruno Däppen, 6276 Hohenrain LU;
Karl Hintermeister, 8104 Weiningen ZH;
Andreas Hohl, 5073 Gipf-Oberfrick AG

HFNDS 1/06 B FHK



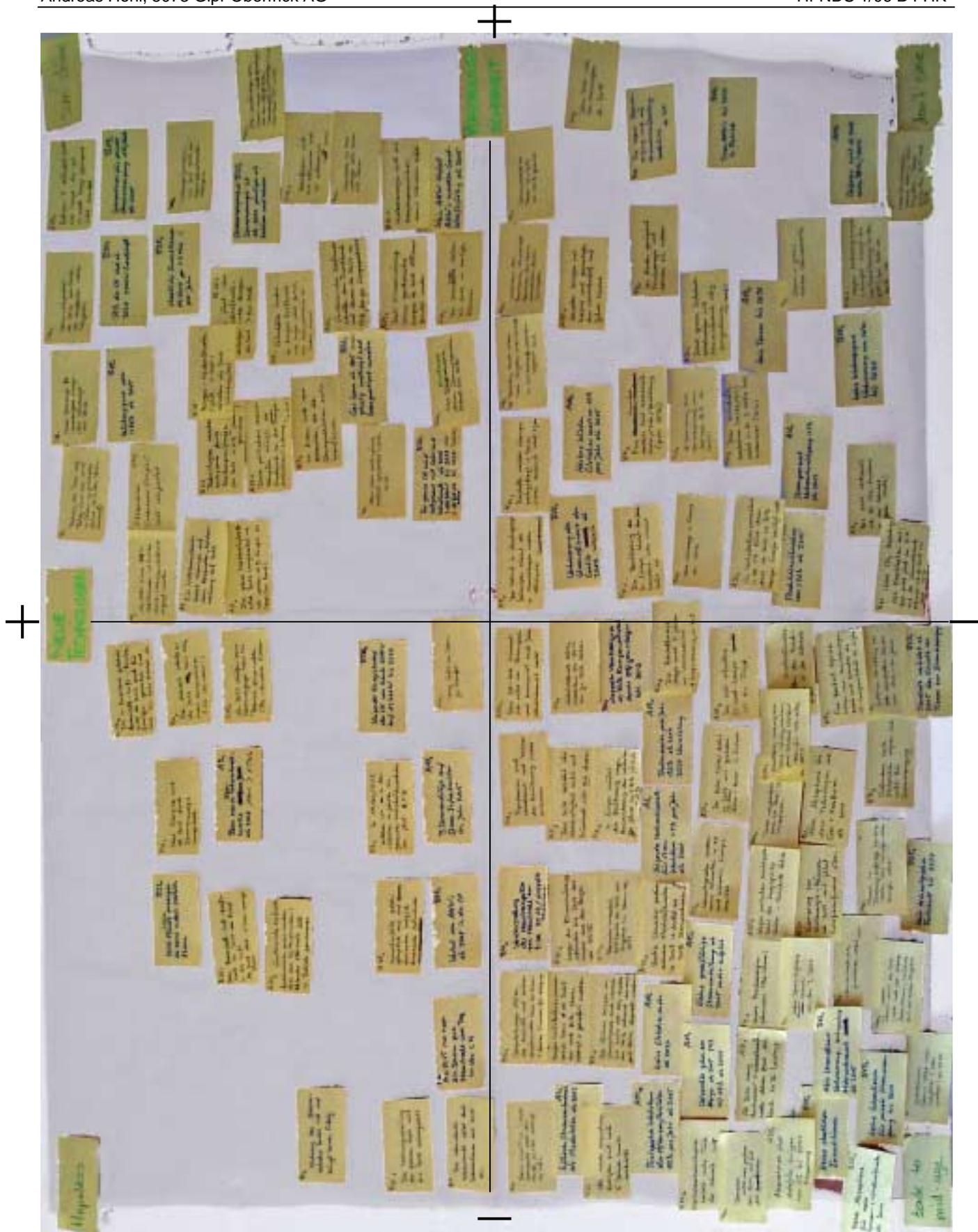
Bruno Däppen, 6276 Hohenrain LU;
Karl Hintermeister, 8104 Weiningen ZH;
Andreas Hohl, 5073 Gipf-Oberfrick AG

HFNDS 1/06 B FHK



Bruno Däppen, 6276 Hohenrain LU;
Karl Hintermeister, 8104 Weiningen ZH;
Andreas Hohl, 5073 Gipf-Oberfrick AG

HFNS 1/06 B FHK



Bruno Däppen, 6276 Hohenrain LU;
Karl Hintermeister, 8104 Weiningen ZH;
Andreas Hohl, 5073 Gifp-Oberfrick AG

HFNDS 1/06 B FHK



Bruno Däppen, 6276 Hohenrain LU;
Karl Hintermeister, 8104 Weiningen ZH;
Andreas Hohl, 5073 Gipf-Oberfrick AG

HFNDS 1/06 B FHK

