



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Morgenstadt –

Eine Antwort auf den Klimawandel

Die Emissionsuhr am Rathaus von Morgenstadt zeigt seit bald 30 Jahren an, welchen Ausstoß an Kohlendioxid jeder Einwohner im Jahr statistisch betrachtet zu verantworten hat. Auf ihrer Homepage zeichnet die Stadt seit mehr als einer Generation ihren ökologischen Fußabdruck detailgetreu nach. Längst hat die Uhr den Kilogrammmaßstab erreicht und wird von den jüngeren Bewohnern Morgenstadts kaum noch wahrgenommen, so selbstverständlich ist ihnen das kohlendioxidneutrale Leben geworden. Für ihre Eltern und Großeltern ist die Uhr ein sichtbarer Zeuge dafür geblieben, mit wie viel Engagement die Stadtverwaltung schon seit Anfang des Jahrhunderts Morgenstadt zu einem Motor des Klimaschutzes gemacht hat. Sie nutzte die vorhandenen Spielräume kommunaler Energiepolitik zielstrebig aus. So stieg sie in der Solarbundesliga beispielsweise bald auf den ersten Tabellenplatz in der Kategorie der Großstädte. Sie legte als erste einen ökologischen Mietspiegel vor, der Vermietern zusätzliche Anreize für die energetische Sanierung ihrer Häuser gab. In Neubaugebieten wurden früh verschärfte Baustandards verordnet und die Nahwärmeversorgung mit Kraftwärmekopplung und Solarenergie systematisch auf große Teile der Stadt ausgedehnt. Im Zusammenspiel und in der Auseinandersetzung mit den energiepolitischen Akteuren in Land, im Bund und in Europa erweiterten Bürgermeister und Magistrat der Stadt Zug um Zug ihren Spielraum und erwarben sich im Energiebereich Planungshoheit und Entscheidungsbefugnis in einst unbekanntem Maß. Gleichzeitig gelang es ihnen, ihre Bürger zum Mitmachen zu motivieren. Selbstverwaltung in Sachen Energie wurde zum Markenzeichen Morgenstadts.

Während die Beheizung und Warmwasserbereitung der Gebäude einer deutschen Großstadt 2010 noch fast die Hälfte von deren CO₂-Emissionen verursachte, setzt die Wärmeversorgung der Gebäude von Morgenstadt kaum noch Kohlendioxid frei, weil sie von fossilen Brennstoffen unabhängig ist. Wenngleich der Klimawandel heißere Sommer mit sich bringt, können die klimaangepassten Gebäude Morgenstadts den dadurch gestiegenen Kühlbedarf fast ohne Zusatzemissionen abfangen. Die Neubauten der vergangenen Jahrzehnte sind Nullenergiehäuser, die nicht mehr Energie benötigen als sie erzeugen. Die meisten ein- und zweistöckigen Neubauten produzieren sogar mehr Energie als

sie verbrauchen, weil sie mit Solarzellen oder mit Sonnenwärmekollektoren ausgestattet sind. Die Altbauten der Stadt sind dank der konsequenten kommunalen Klimaschutzinitiativen energetisch vollständig saniert worden, was ihren Heizwärmebedarf drastisch reduziert hat, wenngleich nur etwa jedes fünfte Haus Passivhausniveau erreicht. Mit der erfolgreichen energetischen Modernisierung öffentlicher Gebäude für Schulen, Krankenhäuser oder Kindertagesstätten hatte die Stadtverwaltung in diesem Prozess frühzeitig Maßstäbe gesetzt und vorbildlich gewirkt, zumal sie die dadurch erzielten Einsparungen geschickt zu kommunizieren verstand. Die Außendämmungen von Gebäuden sind inzwischen so dünn, dass die Formensprache des Städtebaus und der Architektur kaum mehr berührt werden. Dank der Wärmespeicherfähigkeit innovativer Außendämmungen sind Klimaanlage die Ausnahme geblieben. Den Anforderungen des Denkmalschutzes kann auch in historischen Altstadtkernen weitgehend entsprochen werden, zumal die Möglichkeiten der Innendämmung weiterentwickelt und ihre ehemaligen Nachteile deutlich reduziert werden konnten.

Öl- oder Gasheizungen sind selten geworden und dort, wo es sie noch gibt, werden sie mit Bioöl und Biogas betrieben. Die Bewohner von Morgenstadt haben längst die Effizienz der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zu schätzen gelernt. Die bei der Stromerzeugung entstehende Wärme wird über ein System von hocheffizienten Nah- und Fernwärmeleitungen, das in den letzten zwei Jahrzehnten kontinuierlich aufgebaut wurde, an Gebäude in verdichteten Gebieten verteilt. Wo die Bebauung nicht so dicht ist, werden vor allem Wärmepumpen und Solarwärmanlagen zur Wärmebereitstellung eingesetzt. Manche Hausbesitzer bevorzugen auch Mikro-KWK-Geräte, die Wärme- und Stromerzeugung im eigenen Keller miteinander kombinieren. Biomasse, bevorzugt aus Abwässern und Abfällen, ist die hauptsächliche Energiequelle für Heizkraftwerke geworden. In Form von Biogas kann sie auch über die vorhandene Erdgas-Infrastruktur verteilt werden. Auch in den kleinen Blockheizkraftwerken, die die Gebäude mancher Straße oder Siedlung mit Nahwärme und Strom versorgen, spielt Biomasse eine wichtige Rolle.

Auf Dauer braucht eine CO₂-neutrale Stadt jedoch überwiegend strombasierte Versorgungssysteme. Stromautarkie auf dem eigenen Stadtgebiet können

Großstädte dabei im Gegensatz zu kleineren Gemeinden nicht erreichen. Sie bleiben auf den Import von Strom angewiesen. Dieser Strom wird vorwiegend aus regenerativen Quellen gewonnen und nur teilweise noch aus Großkraftwerken, deren Kohlendioxidemissionen durch CCS (Carbon Dioxide Capture and Storage)-Technologien abgeschieden und eingelagert werden können. Solaranlagen und Windkraftwerke spielen als regenerative Quellen die Hauptrolle in der deutschen Stromerzeugung. Darüber hinaus wird Solarenergie in Großanlagen im Süden und Windenergie vor den Küsten im Westen und Norden Europas im großen Stil in Strom umgewandelt, der über ein stabil ausgebautes europäisches Verbundnetz verlustarm transportiert wird. Nach dem Motto „zuerst erzeugen, dann importieren“ produzieren zusätzlich dezentrale Solar- und Windenergieanlagen innerhalb der Stadt sauberen Strom, ergänzt durch kleine Wasserkraftwerke, die an den Flussläufen der Stadt installiert wurden. Viele Bewohner von Morgenstadt sind dadurch zu „Prosumern“ geworden, die Strom sowohl produzieren und bei Überschussproduktion ins Netz einspeisen als auch konsumieren. Die Energieversorgungsunternehmen (EVUs) sind deshalb weniger Stromproduzenten als vielmehr hauptsächlich Energiedienstleister, die zwischen Angebot und Nachfrage vermitteln und über ein Lastmanagement zwischen zentralen und dezentralen Netzen die Energieversorgung sicherstellen. Das gilt auch für die leistungsfähigen Stadtwerke von Morgenstadt, die maßgeblichen Anteil am Aufbau eines intelligenten Stromnetzes (Smart Grid), am Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung und Nahwärmenutzung sowie an der Verwirklichung der hauptsächlich auf erneuerbaren Energien basierten Wärme- und Stromversorgung in Morgenstadt hatten.

Die technologische Schwierigkeit, Stromüberschüsse kostengünstig zu speichern ist überwunden. Damit können die zeitlich stark schwankenden Energiezuflüsse aus den erneuerbaren Quellen ausgeglichen werden, was das Lastmanagement im Smart Grid erheblich erleichtert. Als praktisch bedeutende Energiespeicher erweisen sich die Elektroautos. Sie können zu Zeiten überschüssiger Einspeisung aus erneuerbaren Quellen preiswert aufgeladen werden, zu Spitzenlastzeiten dagegen eine Lastausgleichsfunktion übernehmen. Hinzu kommt, dass die Fahrzeugbatterien nach ihrem mobilen Einsatz als stationäre Speicher weiterver-

wendet werden können. Der elektrochemischen Stromspeicherung ist allerdings dank substantieller Forschungs-investitionen eine starke Konkurrenz in Form des primären Energieträgers Wasserstoff erwachsen. Der erfolgreiche Einstieg in die Wasserstoffwirtschaft zeichnet sich ab: Überregionale Stromüberschüsse dienen der elektrolytischen Herstellung von Wasserstoff, der wiederum zur Energiegewinnung, zum Beispiel in Brennstoffzellen oder Turbinen, eingesetzt werden kann. Die Energie aus Brennstoffzell-Aggregaten substituiert dank höherer Wirkungsgrade schrittweise Blockheizkraftwerke.

Das gut ausgebaute Smart Grid von Morgenstadt bezieht auch die intelligente Steuerung der Gebäudetechnik ein. Viele Menschen haben in ihren Wohnungen Sensoren installiert, die dafür sorgen, dass Strom für Heizungspumpen oder Licht nur im Bedarfsfall verbraucht wird. Sie nutzen die zu Schwachlastzeiten günstigen Stromtarife, um Wasch- oder Spülmaschinen zu betreiben. Durch zeitlich abhängige Stromtarife modulieren die Morgenstädter Stadtwerke die Nachfragespitzen und gleichen sie den Erzeugungsspitzen an: Strom ist am günstigsten, wenn ein Überangebot vorhanden ist und am teuersten, wenn eine Unterversorgung droht. Die Preise für die netzgebundenen Energieträger Wärme und Strom und damit zum Beispiel auch für die Warmwasserbereitung variieren also teilweise stark zwischen verschiedenen Tageszeiten. Die Bewohner von Morgenstadt wissen, dass sie als private Energiemanager ihrer Wohnungen nachhaltig sparen können. Für Immobilieneigentümer zählt die Nutzung der Solartechnik zur Strom- und zur Wärmeenergiegewinnung zum Standard. Hybridkollektoren erzeugen Solarstrom und Solarwärme und nutzen damit die begrenzten Dach- und Fassadenflächen der Stadt sehr effizient aus. Viele Mieter haben bei Vertragsunterzeichnung gleichzeitig Anteilscheine für die Solaranlage auf ihrem Dach erworben, wofür sie auch Elektropunkte zum „Betanken“ ihrer E-Fahrzeuge eintauschen können.

Das Verkehrsaufkommen in Morgenstadt ist nicht geringer als heute. Im Gegenteil: Es hat zugenommen, weil sich die Zahl der Ein- und Zweipersonenhaushalte und damit die individuellen Mobilitätsbedürfnisse der Menschen weiter erhöht haben. Das ist aber nicht spürbar, weil der Verkehr fließt und Staus selten sind. Intelligente Verkehrsmanagementsysteme

me, über die Fahrzeuge miteinander und mit ihrer Infrastruktur kommunizieren, steuern den Verkehr fast reibungslos. Entlastet wurde der Individualverkehr durch einen starken Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs und durch umfassende Mobilitätskonzepte. In den Wohnbezirken hat sich das Konzept des „Shared Space“ durchgesetzt, in dem sich Fußgänger, Radfahrer und Automobile den öffentlichen Verkehrsraum gleichberechtigt teilen und aufeinander Rücksicht nehmen. Auf den Verbindungs- und Durchgangsstraßen der Stadt bleiben Fuß-, Fahrrad-, Schienen- und Autowege voneinander getrennt. Automobile behalten dort prinzipiell Vorrang. Die Bürgersteige sind dort breit und begrünt angelegt und das Fahrradwegenetz dicht, sicher und übersichtlich ausgebaut.

Elektrofahrzeuge sind zum beherrschenden Verkehrsmittel des Individualverkehrs in der Stadt geworden. Für sie müssen im Gegensatz zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren weder eine Innenstadtmaut noch Parkgebühren entrichtet werden. Ihre Attraktivität erhöht sich durch flexible und wirtschaftliche Mobilitätsservicekonzepte, in die auch Elektrofahrräder (Pedelecs) einbezogen sind. Wer es eilig hat, wird überall im Stadtgebiet ein freies, im öffentlichen Raum abgestelltes E-Mobil finden, das er über sein Mobiltelefon finden, freischalten, nutzen und an einem beliebigen Ort innerhalb der Stadt wieder abstellen kann. Die Abrechnung der Nutzung erfolgt über eine Mobilitätskarte, die Flatrates für den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) mit Gebühren für E-Mobil-Dienste kombiniert. Große Wohnungsbaugesellschaften bieten die Mobilitätskarte als Teil der Mietleistung an. Mobil übermittelte Echtzeitinformationen über Verbindungen, Verspätungen oder interessante Veranstaltungen sind für die Nutzer des ÖPNV selbstverständlich geworden. Auch spontane Fahrten lassen sich so zeitgenau organisieren. Senioren, für die die komplizierten Ticketautomaten und Fahrpläne des ÖPNV früher kaum durchschaubar waren, loben dessen neue Nutzerfreundlichkeit. Die Verknüpfung des ÖPNV mit dem Fernverkehr einerseits und dem Fuß- und Fahrradverkehr andererseits ist auch für auswärtige Besucher schnell nachvollziehbar. Die hohe Elektromobilität – ob schienengetrieben oder gummibereift – hat die Belastung der Bewohner durch Lärm und Abgase deutlich gesenkt.

Dazu tragen auch neue Rahmenbedingungen und Technologien im Güter- und Wirtschaftsverkehr bei, der sich bundesweit trotz aller verkehrsplanerischen Anstrengungen seit der Jahrhundertwende mehr als verdoppelt hat. Seine Fracht wird zur Distribution in der Innenstadt an Umschlagplätzen am Stadtrand umgeladen, vorwiegend auf City-E-Mobiltransporter. Weil aber auch zu viele E-Laster die Straßen von Morgenstadt überlasten würden, wird ein Teil der Güter auch auf Laststraßenbahnen und Transportkähne umgeladen. Die Umschlagplätze integrieren jeweils so viele Verkehrsträger wie nötig (von Straße, Schiene, Wasser, Luft). Sie sind keine asphaltierten überbauten Brachflächen, sondern schonend in die Grüngürtel einbezogene Arbeitsgebiete. Von dort gehen auch die Morgenstädter „Cargo Tubes“ aus, überdimensionierte Rohrpostsysteme, die in Kanalröhren von rund zwei Metern Durchmesser kleinere Frachtgüter innerstädtisch zustellen.

Wegen der ausgefeilten Mobilitätsservicekonzepte, die sich auch auf Überlandfahrten erstrecken, verzichten immer mehr Morgenstädter auf ein eigenes Auto. Die konsequente Verknüpfung von Wohnen, Arbeiten und Einkaufen in nutzungsgemischten Wohnvierteln oder gar Gebäuden hat dazu geführt, dass viele Wege in Morgenstadt zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurückgelegt werden können. Das gibt den Planern und Bewohnern der Stadt viele bisher von Autos belegte Flächen zur freien Gestaltung zurück. Breite, begrünte Fahrradwege und Bürgersteige mit schattenspendenden Bäumen, einladende Plätze in den Wohnvierteln und eine belebte grüne Mitte sind dadurch möglich geworden. Das erhöht nicht nur die Lebensqualität, sondern kompensiert auch verbleibende CO₂-Emissionen. Frischluftschneisen, die aus stadtklimatischen Gründen notwendig sind, sind in Morgenstadt nicht nur gegen neue Bebauung verteidigt, sondern auch durch den Rückbau von Wohnvierteln, deren Bestand energetisch nicht mehr sanierbar war, neu geschaffen worden. Die nachhaltige Gestaltung von Stoffkreisläufen hat sich als Planungskriterium etabliert. Aus Abwässern wird Wärme zurück gewonnen, in der zentralen Kläranlage von Morgenstadt werden die Faulgase verstromt. Die systematische Analyse und Optimierung der wichtigsten Stoffströme Energie, Abfall, Wasser und Abwasser hat sich durchgesetzt. So werden beispielsweise die großen Gemeinschaftsgärten, die in den Frischluftschneisen zwischen den Quartieren entstanden sind, durch wieder aufbereitetes Grau-

wasser bewässert. Diese urbane ökologische Landwirtschaft trägt nicht nur zur Versorgung der Stadt bei, sondern bringt auch deren Bewohnern Themen der Gesundheit und Ernährung näher.

Das Wohnviertel hat sich zur wichtigsten Ebene der Stadtplanung entwickelt. Vor allem in den Quartieren an den Rändern der Stadt durchmischen sich stärker als früher Leben, Arbeiten und Produzieren. Hier stand die Wiege der Stadt der kurzen Wege, in der verschiedene soziale Schichten, Kulturen und Generationen leichter miteinander zu leben lernten als anderswo in Morgenstadt. Insbesondere die dezentrale Energieversorgung, etwa über gemeinsam genutzte Solardächer in einem Straßenzug, gemeinsame Dachgewächshäuser und die miteinander geteilten Fahrzeuge haben hier – unterstützt durch aktives kommunales Quartiersmanagement – identitätsstiftend gewirkt und zu neuen Formen des Zusammenlebens geführt, zum Beispiel in klug geplanten Mehrgenerationenhäusern. In diesen Vierteln verbinden sich größere individuelle Spielräume mit stärkerer Solidarität zu einer kollektiven bzw. kooperativen Individualisierung. In ihnen erhielt die Reurbanisierung Morgenstadts zuerst ein Gesicht, das dann als Vorbild auf eher monokulturell geprägte Stadtteile, die Vororte und in die Innenstadt ausstrahlte. Die Innenstadt ist als durchgängig belebte Mitte zu einem frequentierten Ort des Gemeinschaftslebens und Schauplatz zahlreicher Feste und Veranstaltungen geworden.

Die zunehmende Komplexität ihrer Umgebung war für viele Bewohner Morgenstadts zunächst schwer zu verstehen. Sie durchschauten die Angebote zum Klimaschutz nicht, gerade was deren langfristiges Kosten-Nutzen-Verhältnis betraf. Selbst die Stadtplaner hatten zunächst Schwierigkeiten, überzeugende Lösungen für die komplexe Herausforderung des Umbaus Morgenstadts zur CO₂-neutralen Stadt zu entwickeln. Aber der Wille der Stadtverwaltung, klimapolitisch fundierte Entscheidungen treffen zu können und die Einführung neuer Systeme nicht an deren Kompliziertheit und Intransparenz scheitern zu lassen, war groß genug, um die Bürgerinnen und Bürger behutsam für ihr Projekt zu begeistern, die Nummer eins im nationalen Klimaschutz zu werden. „Komplexitätsreduktion“ wurde zum Gebot der Stunde. Praktische Fragen der Energie- und Ressourceneffizienz standen bald auf den Lehrplänen der Morgenstädter Schulen und

Volkshochschulen. An der Morgenstädter Universität wurde damals der bundesweit erste interdisziplinäre KEMO-Studiengang eingerichtet (Klima/Energiemanagement und -organisation), der das Berufsbild des akademisch ausgebildeten Energieberaters populär werden ließ. Die Verwaltung von Morgenstadt machte sich als Pionier detaillierter Potentialanalysen verdient, die es ihr erlaubten, gezielt an den effektivsten klimapolitischen Hebeln anzusetzen. Dabei setzte sie auch unbequeme Maßnahmen durch, wie etwa Gebührenerhöhungen durch den Klimaschutz-Cent, der Wissenschaft und Forschung zugute kommt. Denn diese haben in Morgenstadt nichts von ihrer Dynamik verloren. Andererseits weist die Stadt auf alle Einsparmöglichkeiten hin und sorgt für deutlich günstigere Tarife im ÖPNV. All das schuf Verunsicherung, insgesamt aber eine Atmosphäre der Wissbegier, in der die Menschen neugierig darauf wurden, neue Verhaltensformen einzuüben. Immer mehr Bürgerinnen und Bürger von Morgenstadt nahmen aktiv an der Gestaltung ihrer Stadt teil. Dabei kam es zu kontroversen Diskussionen. Beispielsweise beschwerten sich manche Bewohner über eine Verschandelung des Altstadtbildes durch uniforme Solardächer. Andere fragten, wie sie die höheren Mieten in sanierten Altbauten bezahlen sollten. Vehement wurde die Forderung nach Kostenwahrheit bei der Bewertung der unterschiedlichen Verkehrsträger gestellt. Der Schutz persönlicher Daten vor allzu intelligenten Stromanbietern war ein Dauerthema. All diese Diskussionen haben die Entwicklung Morgenstadts für die meisten Bürgerinnen und Bürger nachvollziehbar und mitgebar werden lassen. Sie identifizieren sich stärker mit ihrer Stadt als ihre Vorfahren – und können die Früchte von deren früh begonnenem Umbau zur CO₂-Neutralität genießen. Ihre Energiekosten sind wesentlich niedriger als in vergleichbaren Städten Deutschlands, was auch unter sozialen Gesichtspunkten vorteilhaft ist. Die Mobilitätsangebote sind deutlich attraktiver und einfacher zu nutzen. Auch weil kein Öl und Gas mehr verbrannt werden, hat sich die Lebensqualität erhöht. Außerdem ist die Energieversorgung sicherer als in vielen anderen Regionen Europas. Vor allem aber hat sich der Wohlstand der Stadt erhöht, da durch ihren Umbau Arbeitsplätze in den Zukunftstechnologien geschaffen und neue Unternehmen im Energiebereich angelockt wurden. Ein großer Teil der Finanzmittel, die früher für Energie ins Ausland abflossen, bleibt heute in der Stadt und der Region.

Zusätzlich zu den Fachvertretern der zuständigen Ressorts waren folgende Experten im Auftrag von Bundesforschungsministerin Annette Schavan und Hans-Jörg Bullinger, Vorsitzender der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft und Präsident der Fraunhofer Gesellschaft, an der Erarbeitung der dargestellten Ergebnisse beteiligt:

Dr. Ing. Wulf-Holger Arndt	Technische Universität Berlin , Zentrum Technik und Gesellschaft, Bereich „Mobilität und Raum“
Dr. Richard Aumayer	Robert Bosch GmbH, C/AGR, External Affairs, Governmental and Political Relations
Dr. Steffen Braun	Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
Barbara Dörsam	MVV Energie AG, Neue Technologien
Attila Dahmann	Bundesverband Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften
Klaus Illigmann	Landeshauptstadt München, Referat für Stadtplanung und Bauordnung / Stadtentwicklungsplanung
Prof. Matthias Koziol	Technische Universität Cottbus, Institut für Städtebau und Landschaftsplanung, Lehrstuhl Stadttechnik
Dr. Jörg Kruhl	E.ON Energie AG
Klaus Krumme	Universität Duisburg-Essen, Zentrum für Logistik & Verkehr
Mathias Maerten	Siemens AG, Energy Sector, Technology & Innovation
Inka Mörschel	Fraunhofer IAO, Büro der Forschungsunion
Dr. Uwe Pfenning	Universität Stuttgart, Lehrstuhl für Technik- und Umweltsoziologie
Dr. Jörg Pietsch	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
Sebastian Seelig	Technische Universität Berlin, Institut für Stadt- und Regionalplanung
Gerhard Stryi-Hipp	Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems
Dr. Volker Stelzer	Institut für Technikfolgen—abschätzung und Systemanalyse (ITAS), Karlsruhe
Dr. Michael Weinhold	Siemens AG, Energy Sector
Sabine Wischermann	Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Energiesysteme und Energiewirtschaft
Dr. Andreas Witte	RWTH Aachen, Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung